ISSN 2227-2917 (print)
ISSN 2500-154X (online)

12+

IZVESTIYA VUZOV
Investitsii
Stroitelstvo
Nedvizhimost

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ

ИНВЕСТИЦИИ
СТРОИТЕЛЬСТВО
НЕДВИЖИМОСТЬ

Том 11 № 4
2021

ISSN 2227-2917 (print)
2500-154X (online)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

IRKUTSK NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ. ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО. НЕДВИЖИМОСТЬ

PROCEEDINGS OF UNIVERSITIES INVESTMENT. CONSTRUCTION. REAL ESTATE

Izvestiya vuzov
Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost

Том / Vol. 11 № 4

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского технического университета

PUBLISHERS
of Irkutsk National Research Technical University
2021

ISSN **2227-2917 (print)**
2500-154X (online)

В журнале опубликованы статьи ученых из России и зарубежья, посвященные научным результатам в области теоретических и прикладных проблем строительства, архитектуры, экономики и управления. Статьи объединены в три тематических блока: Экономика и управление; Технические науки. Строительство; Архитектура. Дизайн.

Издание предназначено для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, специалистов инвестиционно-строительной сферы, государственных и муниципальных органов власти.

Журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, утвержденный ВАК Минобразования России

Журнал включен в следующие базы данных: EBSCO Publishing Databases, ВИНИТИ РАН, система Российского индекса научного цитирования, представлен в электронной библиотеке «Cyberleninka», библиотеке Oxford, Directory of Open Access Journals (DOAJ) и описан в Ulrich's Periodicals Directory.

Журнал «Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость» реферируется и рецензируется.

Сведения о журнале можно найти на сайте в Интернете: http://www.istu.edu

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Свидетельство ПИ № ФС77-62787 от 18 августа 2015 г.

Учредитель-издатель:
ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет

Подписной индекс в каталоге Агентства ЗАО ИД «Экономическая газета»
«Объединенный каталог. Пресса России. Газеты и журналы» - 41511 (ОК + ЭК)
Адрес Агентства ЗАО ИД «Экономическая газета»: (499) 152-09-89; izdatcat@ideg.ru

Адрес учредителя, издателя и редакции:
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: izv_isn@istu.edu

ISSN **2227-2917 (print)**
2500-154X (online)

In this journal we published the articles of Russian and foreign scientists, which are dedicated to scientific results in the sphere of theoretical and applied problems of development, architecture, economics and management. The articles are combined into three topical units: Economics and management; Technical sciences, Construction; Architecture, Design.

The publication is for staff scientists, teachers, post-graduate students and students of universities, specialists in investment and building sphere, government and municipal authorities.

The journal is included in the list of the leading scientific journals and publications, where the key scientific results of doctoral (candidate's) theses approved by the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Ministry of Education are to be published

The Journal is indexing in EBSCO Publishing Databases, VINITI Database (Referativnyi Zhurnal), Russian Science Citation Index, included in the digital scientific library Cyberleninka, University OXFORD, Directory of Open Access Journals (DOAJ) and is described in Ulrich's Periodicals Directory.

The journal “Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate” is abstracted and reviewed.

Information about the journal you can find on the site in the Internet: http://www.istu.edu

The journal is registered with the Federal Agency for Supervision of Communications, Information Technologies and Mass Media (Roskomnadzor).
Certificate of registration № ПИ № ФС77-62787 of 18 August, 2015.

Founder, publisher: FSBEIHE Irkutsk National Research Technical University

Subscription index in the catalog of JSC "Economic Newspaper"
Publishing House “The united catalog. Russian press.
Newspapers and journals"- 41511 (OK + EC) Address of JSC «Economic Newspaper»
Publishing House: (499) 152-09-89; izdatcat@ideg.ru

Address of the founder, publisher and editorial office:
83 Lermontov St., Irkutsk 664074
e-mail: izv_isn@istu.edu

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

EDITORIAL BOARD

Известия вузов
Инвестиции. Строительство. Недвижимость

Том 11 № 4 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

АРХИТЕКТУРА. ДИЗАЙН

Proceedings of Universities
Investment. Construction. Real estate

Том 11 № 4 2021

CONTENTS

ECONOMICS AND MANAGEMENT

TECHNICAL SCIENCES. CONSTRUCTION

ARCHITECTURE. DESIGN

Научная статья
УДК 338.45:622(075.4)
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-588-601

Теоретические вопросы и модели государственного регулирования экономики

© Сергей Евгеньевич Трофимов
Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия, tennisist91@mail.ru

Аннотация. Анализ моделей государственного регулирования выявил полную вариативность степени вмешательства государства в экономическую жизнь общества. Отмечается неоднородность результатов идентичной экономической политики применительно к различным странам и историческим этапам. Цель работы – показать сравнительные преимущества и недостатки разных моделей государственного регулирования экономики. В статье рассмотрены и проанализированы различные подходы к государственному регулированию хозяйственной деятельности, изучены взгляды ведущих ученых по данному вопросу. Обосновано, что выбор между той или иной моделью предопределяется социально-экономическим состоянием общества, менталитетом населения, а также многими другими факторами и может варьироваться от крайней степени дерегулирования различных отраслей до полной государственной монополии производства всех видов продукции. Сделан вывод о необходимости поиска оптимальных направлений в реализации политики государственного регулирования экономики на основе синтеза отдельных теоретических моделей, поскольку различия между некоторыми из них в современных условиях стали весьма условными.

Ключевые слова: государственное регулирование экономики, модели государственного регулирования экономики, устойчивое развитие, механизм государственного регулирования экономики, методы государственного регулирования, формы государственного регулирования, инструменты государственного регулирования

Для цитирования: Трофимов С. Е. Теоретические вопросы и модели государственного регулирования экономики // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 588–601. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-588-601.

Original article

Theoretical issues and models of the state regulation of economy

Sergei E. Trofimov
Baikal State University, Irkutsk, Russia, tennisist91@mail.ru

Abstract. Analysing the models of state regulation revealed the total variability of governmental intervention in the economic life of society. The heterogeneity of the results associated with identical economic policies applied to different countries and historical stages is noted. The work aims to demonstrate the comparative advantages and disadvantages of different models of the state regulation of economy. The article examines and analyses various approaches to state regulation of economic activity; the views of leading scientists on this issue were studied. It was established that selecting a model is substantiated by the state of social and economic development, the mentality of the population, as well as many other factors, and can vary from extreme deregulation of various industries to the state monopoly on producing all types of products. In conclusion, it is necessary to establish optimal directions in implementing the policy of state regulation of the economy based on the compilation of individual theoretical models since the differences between some of them have become conditional.

Keywords: state regulation of the economy, models of state regulation of the economy, sustainable development, mechanism of state regulation of the economy, methods of state regulation, forms of state regulation, instruments of state regulation

For citation: Trofimov S. E. Theoretical issues and models of the state regulation of economy. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):588-601. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-588-601.

Введение

Государственное регулирование экономики в своей эволюции прошло длительный исторический путь. Анализ вариативности участия государства в процессе производства показывает, что оно находилось в пределах, начиная от крайней степени дерегулирования разнообразных отраслей, а также экономики в целом, и заканчивая полной государственной монополией производства всех видов продукции. При этом в различных странах одна и та же экономическая политика государственного регулирования далеко не всегда приводила к одинаковым результатам, где-то обеспечивая серьезные успехи и процветание, где-то приводя к провалам и даже краху общественного воспроизводства[1].

Следует отметить, что среди ученых нет единства во взглядах на сущность государственного регулирования экономики. Так, «Большой экономический словарь» трактует данную категорию как «воздействие государства на деятельность хозяйствующих субъектов и рыночную конъюнктуру с целью обеспечения нормальных условий для функционирования рыночного механизма, решения экологических и социальных проблем»[2]. На наш взгляд, государственное регулирование экономики должно быть направлено не только на «обеспечение нормальных условий для функционирования рыночного механизма», но и на устранение или смягчение недостатков, присущих ему.

Расплывчатое определение государственного регулирования экономики дал Л. Г. Ходов. Он понимает его как «целенаправленный процесс, обеспечивающий поддержание или изменение экономических явлений и их связей»[3]. Из этого определения, во-первых, сложно понять, о каких экономических явлениях и связях идет речь, поскольку далеко не все из них нуждаются в централизованном регулировании, во-вторых, неясно, кто и с помощью какого инструментария планирует это «поддержание или изменение».

Интересную трактовку предлагают Н. А. Михальченкова и Т. М. Сметанина, которые связывают государственное регулирование с системой «типовых мер законодательного, исполнительного и контролирующего характера, осуществляемых правомочными государственными учреждениями и общественными организациями в целях стабилизации и приспособления существующей социально-экономической системы к изменяющимся условиям»[4].

Однако, с нашей точки зрения, учитывая масштабы территории России, многообразие природно-климатических зон, плотность населения, инфраструктурное обеспечение и другие факторы, нельзя применять одинаковые «типовые меры», особенно законодательного характера, например, к предприятиям, расположенным на Крайнем Севере и в Южном федеральном округе. В этом случае относительное равенство условий функционирования предприятий достигается в первую очередь за счет дифференцированного подхода к участникам хозяйственной деятельности.

В. П. Орешин определяет государственное регулирование экономики как «деятельность органов государственной власти по воздействию на процесс общественного воспроизводства в целях достижения общественно полезных результатов»[5]. Примерно аналогичной точки зрения придерживается Е. П. Губин, который трактует данную категорию как «деятельность (воздействие) государства в лице его органов, направленную на упорядочение отношений в рыночной экономике и предпринимательстве, которая базируется на определенным образом сформулированной и закрепленной государ-

[1]Здесь и далее материалы диссертационного исследования автора (Иркутск, 2017).
[2]Большой экономический словарь / под ред. А. Н. Азрилияна. 7-е изд., доп. и перераб. М.: Ин-т новой экономики, 2012. 1472 с.
[3]Ходов Л. Г. Государственное регулирование национальной экономики: учебник. М.: Экономистъ, 2005. 618 с.
[4]Михальченкова Н. А., Сметанина Т. М. Государственное регулирование экономики: учеб. пособ. Сыктывкар: КРАГСиУ, 2004. С. 35.
[5]Орешин В. П. Государственное регулирование национальной экономики: учеб. пособ. М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1999. С. 12.

ственной экономической политике»[6]. Следует подчеркнуть, что «общественно полезные результаты» или «упорядочение отношений» в условиях рынка могут касаться не только экономической составляющей, но и социальных, политических, религиозных, международных и других аспектов общественной жизни.

Будучи сложной категорией и способом воздействия на хозяйственную практику на микро-, мезо- и макроуровнях, с нашей точки зрения, государственное регулирование экономики должно рассматриваться в качестве дополнительного институционального средства к рыночному механизму, который в чистом виде уже не может решить всех производственных задач, стоящих перед страной. Исходя из сказанного, на наш взгляд, государственное регулирование экономики представляет собой деятельность государственных институтов, направленную на принятие, реализацию и контроль за выполнением нормативных актов, осуществляемых посредством специфических методов, форм и инструментов воздействия на структуру производства с целью устранения или смягчения недостатков рыночного механизма и поиска источников устойчивого развития экономики на различных уровнях хозяйствования.

Методы

Вопросы государственного регулирования экономики, в т.ч. в отраслевом разрезе, привлекают пристальное внимание ученых на протяжении длительного времени. В историко-экономическом аспекте можно выделить различные модели государственного регулирования экономики. В эпоху первоначального накопления капитала европейские государства регулировали торговлю, экспортно-импортные операции, ценообразование и некоторые другие области. Политика меркантилизма признавала государственное регулирование в качестве неотъемлемого условия подъема экономики и выхода промышленности и торговли на принципиально новый уровень, что позволило в дальнейшем сформировать основы протекционизма.

Импортирование дешевых ресурсов и всемерное поощрение экспорта готовой продукции, по мнению меркантилистов, обеспечивает национальный подъем государства. Один из видных представителей данного направления экономической мысли Т. Ман видел благополучие своей страны в активной внешней торговле: «Мы должны постоянно соблюдать следующее правило: продавать иностранцам ежегодно на большую сумму, чем мы покупаем у них» [1, с. 153]. При соблюдении данного правила во внешнеэкономической деятельности страна имеет возможность ежегодно обогащаться на величину разницы между экспортом и импортом, которая «будет ввозиться к нам в виде денег, так как та часть наших товаров, за которую мы не получим в обмен товары же, будет по необходимости ввезена в виде денег».

Подобная экономическая стратегия содействовала централизации и усилению государственных институтов власти. В условиях отсутствия регулирования финансовых потоков оптимальным решением явилось стимулирование инфляционных ожиданий, за счет которого происходил приток золота и снижение ставки процента. Это побуждало население увеличивать инвестирование, а не сберегать накопленные денежные ресурсы, что, в конечном итоге, привело к процветанию ряда европейских экономик.

Однако значительно усилившийся класс крупных промышленных собственников столкнулся с существенными вопросами при освоении новых рынков. Как следствие, основной моделью государственного развития на ранних этапах функционирования капитализма становится набирающее силу учение классической политической экономии, предполагающее функционирование саморегулируемого рыночного механизма. Дж. М. Кейнс в числе причин возникновения принципа невмешательства государства в экономическую жизнь общества в XVIII–XIX вв. считал коррупцию, индивидуализм политических философов, а также несостоятельность людей, управлявших обществом. «Почти все, что делалось государством в восемнадцатом веке, было или казалось вредным или неудачным» [2, с. 370]. По его мнению, материальный прогресс, связанный с частной инициативой, дал благоприятную почву для утверждения о том, что «деятельность государства должна быть строго ограничена, а экономическая жизнь оставлена, насколько это возможно, вне регулирования и отдана на откуп здравому смыслу отдельных граждан, руководствующихся стремлением преуспеть в обществе».

Ведущие представители классического направления – А. Смит, Д. Рикардо и другие

[6]Губин Е. П. Правовые проблемы государственного регулирования рыночной экономики и предпринимательства: дис. … д-ра юрид. наук: 12.00.03. М., 2005. С. 96.

экономисты – определяющую роль в развитии рынка отводили предпринимательству и конкуренции. В частности, А. Смит в работе «Исследование о природе и причинах богатства народов» под «невидимой рукой» понимал рыночный механизм, уравновешивающий предложение и спрос. Устойчивость экономического роста государства зависит от совокупности производителей, направляемых данной «рукой», обеспечивающих выполнение экономических задач за счет саморегулирования рынка [3, с. 443].

Дж. С. Милль был противником всеобщего государственного образования: «Положение, при котором правительство имело бы *de jure* (юридически) или *de facto* (фактически) неограниченную власть над народным образованием, нетерпимо. Обладать такой властью и реально пользоваться ею – значит, быть деспотичным. Правительство, которое может формировать мнения и чувства людей сызмала, в состоянии делать с ними все, что ему угодно [4, с. 963]. «…Laissez-faire должно быть общим правилом, и всякое отступление от него, правда, если подобное отступление не вынуждается какой-либо громадной пользой, будет очевидным злом» [4, с. 958].

Представители классической школы отрицательно относились к политике протекционизма, регулированию отдельных сфер экономики, ценообразования и заработной платы. По их мнению, государству для развития необходимо свои усилия направить на поддержку крупных торговых, промышленных и финансовых компаний, которые производят товары и услуги, гарантируют занятость населения, способствуют улучшению инфраструктуры, обеспечивают поступления в государственный бюджет в объеме, необходимом для реализации макроэкономических функций. К ним относятся необходимые обществу, но выгодные частному капиталу лишь косвенным образом: обеспечение обороноспособности страны и безопасности граждан, охрана жизни и здоровья человека, защита прав собственности, здравоохранение, образование, судебная система и др. С точки зрения представителей классического направления в условиях рыночных отношений во главу угла ставится свобода предпринимательства и конкуренции, а минимизация государственного регулирования экономики способствует эффективному функционированию рыночного механизма и существенно снижает его деформацию.

Одним из ключевых выводов классической школы является закон Сэя. Он не подвергался детальному анализу современниками, однако проходил красной нитью через их работы, которые «сплошь и рядом опираются на неявно постулированный процесс саморегуляции, нивелирующий отклонения от полной занятости» [5, с. 141]. Мысль о том, что предложение создает соответствующий спрос, т.е. нация всегда может купить все производимые ею товары, в своей сути подразумевает равновесие и, как следствие, политику невмешательства государства в механизм функционирования рынка. Впоследствии же считалось, что «если такой подход к анализу экономической конъюнктуры верен, то конкуренция между предпринимателями всегда вела бы к расширению занятости до уровня, при котором общее предложение продукции переставало бы быть эластичным; иными словами, когда дальнейший рост эффективного спроса больше не мог бы сопровождаться каким-либо ростом продукции. …Закон Сэя равносилен предположению, что не существует препятствий к достижению полной занятости» [2, с. 60].

Дальнейший рост промышленного производства и постоянное усложнение хозяйственных связей между товаропроизводителями привели к утрате актуальности идей классической экономической теории о саморегулируемости рыночного механизма. Использование только одного рыночного механизма функционирования рынка стало причиной многочисленных нарушений равновесия между спросом и предложением. Разбалансированность воспроизводственного процесса и необходимость его регулирования была показана в работах представителей марксистской, маржиналистской и, впоследствии, кейнсианской школ.

Одним из главных возражений против идей классической концепции явилось несоответствие интересов частных предпринимательских структур и государства, выражаемое, например, в незаинтересованности бизнеса в развитии отдельных инфраструктурных отраслей или в экологозащитных мероприятиях, отсутствие которых приводит к большому количеству выбросов, загрязняющих окружающую среду. В этих условиях государство вынуждено искать точки соприкосновения, способные смягчить противоречия, возникающие на основе конфликта интересов участвующих сторон. Кроме того, следствием отсутствия государственного

регулирования, в частности рынка труда, явились серьезные социальные противоречия, вызванные низкой заработной платой и тяжелыми условиями работы, которые нередко приводили к массовым волнениям, демонстрациям, а в отдельных случаях даже революциям.

Возникшая во второй половине XIX в. марксистская модель государственного регулирования отстаивала принципы директивной экономики, которые широко использовались в советский период. Чтобы избежать экономических потрясений, К. Маркс предложил регулировать структуру совокупного общественного продукта, т.е. установить определенные пропорции между I и II подразделениями общественного воспроизводства (производством средств производства и производством предметов потребления) [6, с. 556–596]. Он считал, что поддержание макроэкономической пропорциональности возможно только при непосредственном государственном участии.

По мнению некоторых ученых, плановая экономика имела определенные преимущества по сравнению с капиталистической [7–10]. В частности, она обладала большей устойчивостью по отношению к кризисным явлениям и регулировала практически все направления внутренней экономической политики:

– планирование деятельности предприятий по выпуску товарной продукции, исходя из совокупного спроса населения;

– стимулирование научно-технического прогресса путем инвестирования части произведенного ВВП в средства производства;

– возведение торговых барьеров вплоть до полной закрытости национальной экономики или ее отдельных отраслей на внутреннем рынке;

– регулирование трудовых отношений, в частности режима труда и отдыха, заработной платы и продолжительности рабочего дня;

– значительные вложения в факторосберегающие инновации и др.

Для представителей маржиналистского течения экономической мысли – У. С. Джевонса, К. Менгера, Л. Вальраса – также был характерен отход от основных принципов классического направления. Сведенная впоследствии к предпочтениям, теория предельной полезности связывала ценообразование в структуре рыночного механизма с редкостью производственных ресурсов, из которых изготовлен тот или иной товар. В частности, наиболее известный из маржиналистов швейцарский экономист Л. Вальрас видел условия устойчивости рынка в прямой зависимости между изменением цены и величиной избыточного спроса на основе свободной рыночной конкуренции [11].

Маржиналисты считали, что значительные сбережения, обеспечивающие стабильность функционирования компаний, могут не только являться сдерживающим фактором экономического роста, но и привести к спаду производства, снижению занятости и другим негативным последствиям. Для того чтобы сбережения превращались в инвестиции, необходима четко выстроенная денежно-кредитная система в сочетании с другими элементами экономической политики. Немаловажным обстоятельством является ценообразование, в результате которого на рынке может наблюдаться как дефицит, так и избыток товаров, работ и услуг. В этом случае рыночное равновесие достигается не только на основании оптимального объема производства, но и варьированной процентной ставки.

В конце XIX – начале XX вв. в странах с развитой рыночной экономикой стремительно происходил процесс отраслевой и межотраслевой централизации производства, негативными проявлениями которого являлись монополизм, колоссальный рост безработицы, значительное усложнение хозяйственных связей, увеличение рисков неэффективности управления в крупных компаниях и др. Все это привело к самому глубокому экономическому кризису капитализма – Великой депрессии 1929–1933 гг., которая поставила под сомнение главный тезис классической политической экономии о саморегулировании рынка как ключевом факторе процветания государства.

Причиной снижения авторитета модели саморегулирования рынка также явились серьезные макроэкономические достижения стран, которые предприняли активное вмешательство в хозяйственную деятельность. Успехи СССР, а также США в период правления Ф. Рузвельта, использовавшего элементы планирования, показали несостоятельность классической концепции развития производства в 30-е гг. XX в. С теоретической точки зрения большую роль в этом сыграла кейнсианская модель регулирования экономики.

Дж. М. Кейнс стал широко известен после выхода в 1919 г. своей работы «Экономические последствия Версальского мирного до-

говора». В ней он сформулировал план восстановления мирового хозяйства после I Мировой войны, подчеркивал роль Германии в качестве важного связующего звена европейского производства и обусловил значимость внешних рынков для государства [2, с. 463–620]. В последующих научных трудах и, прежде всего, в работе «Общая теория занятости, процента и денег» он отмечал необходимость активного государственного вмешательства в экономические процессы, ставящего своей целью поступательное развитие страны за счет стимулирования совокупного спроса. Он писал: «Наиболее важные пункты государственной “Повестки дня” должны быть связаны не с теми функциями, которые индивиды уже выполняют самостоятельно, а с теми, которые находятся вне сферы их деятельности и которые не может выполнять никто, кроме государства. Важно, чтобы правительство не выполняло, лучше или хуже, тех функций, которые и так выполняют индивиды, оно должно делать то, что сейчас не делается вообще» [2, с. 382]. Подобной позиции придерживался еще 16-й Президент США А. Линкольн, считавший, что государство должно «делать для людей то, что необходимо, но что они не могут сделать сами вообще или так хорошо, как это сделает государство» [12, с. 388].

По мнению основоположника современной макроэкономической теории, масштабное государственное регулирование нивелирует сбои рыночного механизма, исчерпавшего свои возможности уже к началу XX в. Мягкое денежно-кредитное, бюджетное и налоговое централизованное вмешательство благоприятствует экономической стабилизации. Это особенно важно в условиях кризисных потрясений, так как уровень инвестиционной активности предприятий зависит от ставки процента и размеров их прибылей. «Для поддержания любого данного уровня занятости необходимы текущие инвестиции, поглощающие превышение совокупной продукции над тем, что общество желает потреблять при данном уровне занятости. …Величина текущих инвестиций зависит от того, что мы будем называть побуждением инвестировать, а побуждение инвестировать, в свою очередь, зависит от отношения между графиком предельной эффективности капитала и комплексом норм процента по займам с разными сроками погашения и разной степенью риска» [2, с. 61]. Совокупный спрос определяет динамику рыночной конъюнктуры как в краткосрочном, так и в долгосрочном периодах, причем во втором случае наращивание именно инвестиционного, а не только потребительского спроса позволит добиться существенного роста национальной экономики.

В отличие от классической модели, в кейнсианской ведущая роль отводится государственным расходам, а бюджетное и налоговое регулирование способствуют достижению основных макроэкономических показателей. Наращивание социальных расходов обеспечило странам устойчивое развитие, способствовало формированию высокой налоговой культуры и повышению социально-экономической безопасности. В частности, проводимая в США политика «Нового курса» Ф. Рузвельта, предполагавшая централизованное вмешательство в экономические процессы, не рассматривалась частными компаниями, а тем более населением в качестве посягательства на их экономическую свободу, так как стихийное саморегулирование показало свою неспособность противостоять состоянию стагнации. Механизм макроэкономического регулирования, одним из направлений которого являлось перераспределение национального дохода через прогрессивную ставку подоходного налога, способствовал восстановлению экономики после Первой мировой войны и Великой депрессии, существенному росту абсолютной величины государственного бюджета, повышению производительности труда, внедрению достижений научно-технического прогресса, снятию социального напряжения в обществе и др.

Уверенность налогоплательщиков в том, что изъятые денежные средства будут направлены на их же блага, подтвердила на практике доказанную Кейнсом мысль о способности фискальной политики регулировать безработицу, ценообразование и динамику ВВП: «Результатом заполнения пробелов классической теории должно быть выяснение условий, которых требует свободная игра экономических сил для того, чтобы она могла привести к реализации всех потенциальных возможностей производства. Учреждение централизованного контроля, необходимого для обеспечения полной занятости, потребует, конечно, значительного расширения традиционных функций правительства» [2, с. 337–338].

Особой популярностью среди развитых рыночных экономик кейнсианская модель регулирования пользовалась в 1950–1970-е гг.,

когда правительства ведущих стран проводили курс на наращивание производства за счет активной инвестиционной политики и связанного с нею роста государственных расходов. Благодаря антициклическому регулированию укреплялась экономическая мощь государства, значительно увеличились реальные доходы и уровень занятости населения. К тому же рост благосостояния граждан положительным образом сказался на покупательной способности: существенно повысились темпы приобретения населением движимого и недвижимого имущества.

Однако постоянно возрастающие ставки налогообложения, которые требовались для выполнения крупных социально-экономических проектов, не содействовали дальнейшему росту экономики. Значительно возросший уровень налоговой нагрузки уже не оказывал оздоровительного эффекта, а постоянно увеличивающиеся государственные расходы не способствовали положительной динамике капиталовложений и, как следствие, перераспределение ВВП вошло в противоречие с темпами экономического роста, став серьезным бременем для хозяйствующих субъектов. Если в период расцвета кейнсианской политики задача денежно-кредитного регулирования сводилась к контролю процентных ставок, обеспечивающих максимальную занятость, то в 1970-е гг. данная модель оказалась непригодной в условиях изменившихся макроэкономических реалий.

Ускорение темпов хозяйственного развития за счет фискальной составляющей стало невозможным при стабильно функционирующей смешанной экономике. Если в период расцвета кейнсианской политики задача денежно-кредитного регулирования сводилась к контролю над процентными ставками, обеспечивающему максимальную занятость, то в 1970-е гг. в условиях изменившихся макроэкономических реалий данная модель оказалась непригодной. В ведущих мировых экономиках и некоторых развивающихся странах началась стагнация производства. Этот процесс сопровождался постоянными требованиями работников об увеличении заработной платы, что наряду со значительным ростом бюджетного дефицита и интенсивным расширением количества банковских кредитных операций способствовало существенному увеличению темпов инфляции. В изменившихся реалиях кейнсианство оказалось не в состоянии решить вопрос снижения инфляционных издержек при одновременном увеличении занятости. Крупный промышленно-производственный спад совместно с ростом внешнего и внутреннего государственного долга заставил правительства искать альтернативные подходы к государственному регулированию.

Как показала практика, эффективность действия кейнсианской концепции находится в обратной зависимости от степени интеграции государства в глобальную экономическую систему. Фактически, антикризисное регулирование в рамках данного подхода привело к стагфляции экономики и не смогло повысить конкурентоспособность предприятий. Снижение предпринимательской инициативы, вызванное преимущественно высокими налоговыми ставками, значительно тормозит инновационную деятельность и модернизацию производства, а также может замедлить научно-технический прогресс. Крупнейшие мировые компании были вынуждены искать способы улучшения финансовых показателей за счет лоббирования уменьшения обременительной налоговой нагрузки. Кроме того, значительное количество недополученных бизнесом доходов «съедала» инфляция. Серьезным препятствием на пути выхода из экономического кризиса, помимо всего прочего, стал и разросшийся бюрократический аппарат.

Результаты и их обсуждение

Начавшийся в 70-е гг. XX в. в ряде стран экономический кризис, а также рост внешнего и внутреннего государственного долга показали приемлемость кейнсианской модели лишь в условиях динамичного увеличения производительности труда, а именно превышения темпов роста ВВП над темпами правительственных расходов, что заставило многие правительства искать альтернативные подходы к государственному регулированию. В наибольшей степени кризис затронул страны, политика которых предусматривала агрессивные налоговые инструменты и сопровождалась крупными социальными гарантиями и инвестиционными программами, например Францию и ФРГ. Государства же, выбравшие в качестве экономической стратегии регулирование совокупного спроса, такие как Япония, пострадали в значительно меньшей степени: поддержка промышленности привела к снижению риска нетрансформируемости экономики, способствовала развитию производственного и торгового секторов, увеличению поступлений в бюджет и росту платежеспособного спроса. Со сторо-

ны бизнеса укрепилось доверие к экономическим программам, призывающим значительно снизить огромные социальные расходы.

В 80-е гг. XX в. в условиях формирования информационного уклада, связанного с микроэлектроникой и компьютеризацией экономических процессов, и революционных изменений, коснувшихся сферы производства и прежде всего военно-промышленного комплекса, государству стало жизненно необходимо вкладывать значительные средства в науку с целью сохранения конкурентоспособности на мировом рынке. Расходы на социальную политику, имевшие весомый удельный вес в структуре бюджета и явившиеся локомотивом экономического развития при более низких темпах роста производительности труда, оказались неподъемными при хроническом бюджетном дефиците.

Как результат, в обществе вновь сформировалась идея саморегулируемости рынка в качестве ведущей модели развития. Государства стали направлять усилия на поиск методов борьбы с уклонением от уплаты налогов, на повышение налоговой дисциплины и вывод экономики из теневого сектора. Данные цели послужили побудительным мотивом для политических лидеров поставить сбалансированность бюджета в качестве основной задачи внутренней экономической политики [13]. На смену кейнсианской модели регулирования в изменившихся кризисных условиях пришла неоклассическая модель.

Ее сторонники рассматривали просчеты правительства и центрального банка как основную причину экономических потрясений, чрезмерного роста инфляции и снижения уровня занятости. Фундаментальной базой данной модели являлось положение об ограниченном государственном вмешательстве в хозяйственную жизнь общества. Задачи государства сводились к представительским функциям, обеспечению притока иностранного капитала, повышению обороноспособности страны и др.

По мнению неоклассиков, саморегулирование рынка способно практически без посторонней поддержки привести экономику в равновесное состояние, исправить даже значительные структурные диспропорции. В качестве объектов серьезной критики попрежнему выступают бюджетный дефицит, растущий уровень внешнего и внутреннего государственного долга, а также высокая степень неэффективности использования средств налогоплательщиков. Ключевым звеном на пути выхода из состояния кризиса представители неоклассического направления считали финансы домохозяйств, которые в совокупности с капиталовложениями предприятий и государственными инвестициями могли выступать в качестве регулятора экономического процесса. Результатом такого регулирования явилось снижение налоговых ставок, что способствовало увеличению производительного и потребительского спроса.

Популярными и доказавшими свою эффективность способами в борьбе с инфляцией и растущим бюджетным дефицитом явились приватизация и значительное сокращение социальных расходов, как было, например, в Великобритании в эпоху правления М. Тэтчер [14–16]. Если объективные доводы в пользу снижения социальной нагрузки первоначально рассматривались как не заслуживающие доверия у населения и способствовали потере политиками предвыборных очков, то затем прямая необходимость отмены ряда социальных проектов была встречена если не с одобрением, то с пониманием. В особенности это касалось ликвидации или, на крайний случай, серьезного сокращения пособия по безработице. С точки зрения сторонников теории экономики предложения – одного из ответвлений неоклассического подхода, вопрос поддержки неработающего экономически активного населения выглядел по меньшей мере спорно в период восстановления экономики, развития предпринимательства, укрепления частного сектора и появления значительного количества новых рабочих мест. По мнению ведущих представителей данного направления, такой фактически «налог на безделье» являлся одним из противодействующих факторов на пути к экономическому росту и способствовал увеличению безработицы [17–19].

Подобный подход, предполагавший существенное снижение социальных расходов и сокративший сбережения населения, повлек за собой кардинальное уменьшение инвестиций в частный сектор. Излишние средства, выделяемые в виде субсидий предприятиям и домохозяйствам, изменили структуру сбережений и расходов в пользу последних. Стимулирование же факторов производства позволило с наименьшими потерями выйти из экономических потрясений, а реализация долгосрочных планов обеспе-

чила конкурентоспособность в условиях трансформационной экономики.

В основе неоклассической модели лежало положение о минимальном регулирующем воздействии, обеспечивающем значительный мультипликативный эффект на протяжении продолжительного прогнозного горизонта. Получившим наибольшую известность направлением данной модели стала чикагская школа монетаризма, основателем которой является американский экономист Милтон Фридмен. В качестве инструмента регулирования была выбрана денежно-кредитная система государства, что нашло отражение в экономической политике российского правительства, в т.ч. в энергетическом секторе, в 90-е гг. XX в.

Монетаризм приобрел мировое признание в 70-е гг. XX в., когда кейнсианское бюджетно-налоговое регулирование не только не приводило к каким-либо значимым результатам, но и, наоборот, усугубляло ситуацию. В своих работах М. Фридмен призывал строить государственную экономическую политику на основе тщательного анализа происходящих событий. Особое внимание он уделял здоровому предпринимательству и свободной конкуренции, которые приводят в равновесие рыночную систему. Причиной всех экономических проблем рассматривалось чрезмерное государственное регулирование, не дающее рынку стабилизировать стихийно развивающиеся процессы.

По мнению создателя современной теории денег, в период стагфляции жизненно важно полностью контролировать деятельность центрального банка в вопросе эмиссии денежных знаков, так как все принципиальные экономические вопросы необходимо решать за счет средств бюджета. В качестве эффективного способа снижения инфляции М. Фридмен предлагал ограничить количество денег, находящихся в обращении, что в краткосрочной перспективе приостановит рост цен [20–22].

Если внутренняя экономическая стратегия государства направлена на развитие факторов производства, то в долгосрочной перспективе такое всемерное стимулирование совокупного предложения принесет значительные дивиденды в общенациональном масштабе. Грамотная денежно-кредитная политика приведет к стабилизации экономики, обеспечит благоприятный инвестиционный климат и стимулирование инноваций. Обоснованные правительственные решения должны не допустить увеличения темпов инфляции и процентных ставок и быть направлены на развитие предпринимательства и восстановление денежной системы. По мнению монетаристов, рыночной системе присуща устойчивость, поэтому экономическая деятельность должна осуществляться за счет саморегулирования [23, 24].

Основоположник теории рациональных ожиданий Дж. Ф. Мут считал государственное вмешательство в рыночные процессы, в т.ч. в виде монетарной политики, полностью излишним [25]. Его последователи Р. Лукас, К. Симс и Т. Сарджент были убеждены в том, что увеличение центральным банком предложения денег не обеспечит улучшения реальных экономических показателей и попросту является бесполезным механизмом, так как субъекты рыночной системы обладают всей необходимой и достаточной информацией в своей области. Даже элементарный анализ стратегии экономического развития государства приведет к невозможности ее исполнения, поскольку основной целью деятельности предприятий является максимизация прибыли [26–30].

Главное отличие от монетаризма третьего течения неоклассической модели – теории экономики предложения – заключается в выборе бюджетно-налогового регулирования в качестве способа реализации экономической политики. Увеличение объемов производства и реальных доходов населения предполагает наличие дефицита бюджета на начальном этапе, которое компенсируется впоследствии. Кроме того, с точки зрения основателей теории А. Лаффера и Р. Манделла, снижение степени регулирования товаропроизводителей и понижение налоговых ставок обеспечит последующий значительный мультипликативный эффект [31–33].

Таким образом, неоклассический подход государственного регулирования заключается в достижении рыночного равновесия за счет увеличения совокупного предложения, снижении уровня налоговой нагрузки, частичной передаче государственной собственности коммерческому сектору, преодолении инфляции и повышении стабильности уровня цен, сокращении дефицита за счет урезания расходной части бюджета, а также стимулировании личных накоплений. Активное претворение в жизнь принципов данного подхода получило распространение в 1980–1990-е гг.

Как показал мировой опыт, применение различных течений неоклассической модели государственного регулирования, подразу-

мевающих свободу предпринимательства, далеко не во всех случаях эффективно. В странах с сырьевой экономикой, к которым, с определенной долей условности, относится и Россия, это может послужить причиной стагнации и невозможности внедрения новейших технологий в специализированные отрасли, в т.ч. добывающие углеводородное сырье.

В данных реалиях для развития собственного производства на определенный период целесообразно установить ряд протекционистских мер, выполняющих функцию своеобразного барьера, защищающего от иностранной конкуренции. Однако если этот период окажется продолжительным, то недополученные доходы могут значительно превысить реальные поступления в бюджет от отечественных товаропроизводителей.

Первой из развитых стран, применивших неоклассическую модель, стали США в 1980-е гг. Следствием проводимой монетарной политики за первые шесть лет правления администрации Р. Рейгана явилось сокращение расходов бюджета и «увеличение долга федерального правительства в неизменных ценах, приблизительно равное сумме реального долга, накопленного в течение первых двухсот лет существования страны, включая долговые обязательства по финансированию участия во Второй мировой войне» [34, с. 59]. Если по итогам 1981 г. государственный долг США составлял 31,3 % ВВП, то после 1986 г. – 47,4 % ВВП[7]. Результатом данной политики явились повышение процентной ставки и дефицит наличных денежных средств, первоначально не заметный при значительном поступающем денежном потоке из Европы, КНР, России и ряда других стран.

С 90-х гг. XX в. часть европейских государств также стали использовать неоклассические методы регулирования. Дефицит платежных средств в мировом масштабе привел к сильнейшему падению котировок акций на финансовых рынках, снижению цен на энергоносители и товары, потребляемые Европой и США. Воплощенная на практике, данная модель вылилась в кризисы на развивающихся рынках Таиланда, Южной Кореи, Индонезии, Бразилии и российский дефолт августа 1998 г.

Ее активное распространение претерпело существенные корректировки в связи с наступлением в государствах состояния экономической нестабильности. Так, в США в 1990-е гг. государственное вмешательство осуществлялось через уже не денежно-кредитную, а бюджетно-налоговую политику, и сопровождалось ростом правительственных расходов и увеличением бюджетного дефицита. Приверженность указанной модели сохраняется и в настоящий момент, в то время как популярность чисто монетаристского подхода значительно снизилась.

Заключение

В начале XXI в. развитые страны стимулируют экономику посредством синтеза классических и кейнсианских методов, применяемых к конкретным условиям. Размытие границ между моделями государственного регулирования происходит за счет гибкого сочетания новых подходов, имеющих значительную методологическую и научную проработку. Ключевая роль здесь отводится эффективности принятия решений, направленных на развитие высокотехнологичных секторов экономики, проведение энергосберегающей политики и обеспечение энергобезопасности страны, повышение качества человеческого капитала и уровня жизни. В таких условиях капитализация крупнейших компаний в значительной мере связана с нематериальными активами, эффективностью их структуры, уровнем квалификации сотрудников и внедрением инноваций в массовое производство. По мнению С. Ю. Глазьева, выход из финансово-экономического кризиса 2008–2009 гг. сопровождался постепенным переходом к постиндустриальному обществу и в своей основе предполагал становление нового технологического уклада [37, с. 32; 38].

Выбор между той или иной концепцией государственного регулирования в большей степени предопределяется социально-экономическим состоянием общества и внешними факторами. Необходимость в устойчивом развитии России, значительная роль в котором отводится эффективному функционированию отраслей промышленности, вынуждает правительство искать пути оптимизации централизованного воздействия на хозяйственную деятельность на микро-, мезо- и макроуровнях не только на

[7]По итогам 2012 г. совокупный государственный долг США впервые превысил уровень ВВП и составил 100,8 %, а по итогам 2015 г. увеличился до 103,8 % [35, 36]. В августе 2021 г. его размер составил 28,7 трлн долл.

базе новых или синтеза альтернативных теоретических моделей, но и за счет поиска нового инструментария механизма государственного регулирования экономики. Как следствие, не исключено появление новых экономических доктрин, которые могут успешно воплотиться на практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мировая экономическая мысль. Сквозь призму веков: в 5 т. Т. I: От зари цивилизации до капитализма / отв. ред. Г. Г. Фетисов. М.: Мысль, 2004. 714 с.
2. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. Избранное. М.: Эксмо, 2007. 960 с.
3. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. М.: Эксмо, 2007. 960 с.
4. Милль Дж. С. Основы политической экономии с некоторыми приложениями к социальной философии. М.: Эксмо, 2007. 1040 с.
5. Блауг М. Экономическая мысль в ретроспективе. 4-е изд. М.: Дело Лтд, 1994. 720 с.
6. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 2. Процесс обращения капитала. М.: Политиздат, 1978. 648 с.
7. Абалкин Л. И. «Капитал» К. Маркса и политическая экономия социализма. М.: Мысль, 1967. 215 с.
8. Аганбегян А. Г., Абалкин Л. И., Сорокин Г. М. и др. Интенсификация и эффективность социалистического производства. М.: Наука, 1988. 407 с.
9. Гэлбрейт Дж. К., Меньшиков С. Капитализм, социализм, сосуществование // Новое индустриальное общество. Избранное. М.: Эксмо, 2008. С. 1037–1189.
10. Шмелев Н. П. В поисках здравого смысла. Двадцать лет российских экономических реформ. М.: Весь мир, 2009. 514 с.
11. Вальрас Л. Элементы чистой политической экономии, или Теория общественного богатства. М.: Изограф, 2000. 448 с.
12. Самуэльсон П. Э., Нордхаус В. Д. Экономика. 15-е изд. М.: БИНОМ, 1997. 800 с.
13. Трофимов С. Е. Историко-экономические аспекты государственного регулирования экономики // Известия ИГЭА (БГУЭП). 2014. № 6. С. 1. https://doi.org/10.17150/2072-0904.2014.5(6).1.
14. Замятин Л. М. Горби и Мэгги. Записки посла о двух известных политиках – Михаиле Горбачеве и Маргарет Тэтчер. М.: ПИК ВИНИТИ, 1995. 184 с.
15. Перегудов С. П. Тэтчер и тэтчеризм. М.: Наука, 1996. 301 с.
16. Тэтчер М. Искусство управления государством: Стратегии для меняющегося мира. М.: Альпина Паблишер, 2012. 504 с.
17. Feldstein M. Inflation, Income Taxes and the Rate of Interest: A Theoretical Analysis // American Economic Review. 1976. Vol. 66. № 5. p. 809-820.
18. Laffer A. B. An Equilibrium Rational Macroeconomic Framework // Kamrany N. M., Day R. H. (eds.). Economic Issues of the Eighties. Baltimore: John Hopkins University Press, 1979. p. 44-57.
19. Mundell R. A. The Future of the International Financial System // Acheson A., Chant J., Prachowny M. (Eds.). Bretton-Woods revisited. Toronto, 1972. p. 91-104.
20. Фридмен М. Если бы деньги заговорили... М.: Дело, 1998. 160 с.
21. Фридмен М. Капитализм и свобода. М.: Новое издательство, 2006. 240 с.
22. Friedman M. The Quantity Theory of Money: A Restatement // Friedman M. (ed.). Studies in the Quantity Theory of Money. Chicago: University of Chicago Press, 1956. p. 3-21.
23. Friedman M. Money and Economic Development: The Horowitz Lectures of 1972. New York: Praeger; 1973. 67 p.
24. Friedman M. The Role of Monetary Policy // American Economic Review. 1968. № 58. p. 1-17.
25. Muth J. F. Rational Expectations and the Theory of Price Movements // Econometrica. 1961. Vol. 29. № 3. p. 315-335.
26. Lukas R. E. Expectations and the Neutrality of Money // Journal of Economic Theory. 1972. Vol. 4. № 2. p. 103-124.
27. Lukas R. E. Understanding Business Cycles // Lukas R. E. (ed.). Studies in Business-Cycle Theory. Cambridge: MIT Press, 1977. p. 215-239.
28. Sargent T. J., Sims C. A. Business Cycle Modeling Without Pretending to Have Too Much a Priori Theory // New Methods of Business Cycle Research: Proceedings from a Conference. Minneapolis: Federal Reserve Bank of Minneapolis, 1977. p. 45-109.
29. Sims C. A. A Simple Model for Study of the Determination of the Price Level and the Interaction of Monetary and Fiscal Policy // Journal of Economic Theory. 1994. Vol. 4. № 3. p. 381-399.
30. Sims C. A. Fiscal Aspects of Central Bank

Independence. Princeton, New Jersey: Princeton University, 2003. URL: http://sims.princeton.edu/yftp/Munich/CBInd.pdf (05.01.2015).
31. Laffer A. B. Monetary Policy and the Balance of Payments // Journal of Money, Credit and Banking. 1972. Vol. 4. № 1. p. 13-22.
32. Laffer A. B., Seymour J. P. The Economics of the Tax Revolt. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich, 1979. 138 p.
33. Mundell R. A. Monetary Theory: Inflation, Interest and Growth in the World Economy. Pacific Palisades, California: Goodyear, 1971. 189 p.
34. Стиглиц Дж. Ю. Экономика государственного сектора. М.: МГУ: ИНФРА-М, 1997. 720 с.
35. Federal Debt: Total Public Debt as Percent of Gross Domestic Product // Economic Research. Federal Reserve Bank of St. Louis. URL: https://fred.stlouisfed.org/series/GFDEGDQ188S (20.01.2017).
36. Financial audit: Bureau of the Fiscal Service's Fiscal Years 2015 and 2014 Schedules of Federal Debt // U.S. Government Accountability Office. URL: http://www.gao.gov/assets/680/674652.pdf (05.11.2016).
37. Глазьев С. Ю. Мировой экономический кризис как процесс смены технологических укладов // Вопросы экономики. 2009. № 3. С. 26–38. https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-3-26-38.
38. Глазьев С. Ю. О неотложных мерах по укреплению экономической безопасности России и выводу российской экономики на траекторию опережающего развития. Доклад. М.: Ин-т экономических стратегий, Русский биографический ин-т, 2015. 60 с.

REFERENCES

1. Fetisov GG (ed.). World economic thought. Through the prism of centuries: in 5 vol. Vol. 1: From the Dawn of Civilization to Capitalism. Moscow: Mysl'; 2004. 714 p. (In Russ.).
2. Keynes JM. The General Theory of Employment, Interest and Money. The Collected Writings. Moscow: Eksmo; 2007. 960 p. (In Russ.).
3. Smith A. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Moscow: Eksmo; 2007. 960 p. (In Russ.).
4. Mill JS. Principles of Political Economy with Some of Their Applications to Social Philosophy. Moscow: Eksmo; 2007. 1040 p. (In Russ.).
5. Blaug M. Economic theory in retrospect. 4th ed. Moscow: Delo Ltd; 1994. 720 p. (In Russ.).
6. Marx K. Capital: A Critique of Political Economy. Vol. 2: The Process of Circulation of Capital. Moscow: Politizdat; 1978. 648 p. (In Russ.).
7. Abalkin LI. "Capital" K. Marx and the political economy of socialism. Moscow: Mysl'; 1967. 215 p. (In Russ.).
8. Aganbegyan AG, Abalkin LI, Sorokin GM, et al. Intensification and efficiency of socialist production. Moscow: Nauka; 1988. 407 p. (In Russ.).
9. Kenneth JG, Menshikov S. Capitalism, Communism, and Coexistence. *Novoe industrial'noe obshchestvo. Izbrannoe*. Moscow: Eksmo; 2008. p. 1037-1189. (In Russ.).
10. Shmelev NP. In search of common sense. Twenty years of Russian economic reforms. Moscow: Ves' mir; 2009. 514 p. (In Russ.).
11. Walras L. Elements of Pure Economics, or The Theory of Social Wealth. Moscow: Izograf; 2000. 448 p. (In Russ.).
12. Samuelson PA, Nordhaus W. Economics. 15th ed. Moscow: BINOM; 1997. 800 p. (In Russ.).
13. Trofimov SE. Historical and economic aspects of governmental regulation of economy. *Izvestiya IGEA (BGUEP)*. 2014;6:1. (In Russ.). https://doi.org/10.17150/2072-0904.2014.5(6).1.
14. Zamyatin LM. Gorby and Maggie. Ambassador's notes on two famous politicians - Mikhail Gorbachev and Margaret Thatcher. Moscow: PIK VINITI; 1995. 184 p. (In Russ.).
15. Peregudov SP. Thatcher and Thatcherism. Moscow: Nauka; 1996. 301 p. (In Russ.).
16. Thatcher M. Statecraft: Strategies for a Changing World. Moscow: Al'pina Pablisher; 2012. 504 p. (In Russ.).
17. Feldstein M. Inflation, Income Taxes and the Rate of Interest: A Theoretical Analysis. *American Economic Review*. 1976;66(5):809-829.
18. Laffer AB. An Equilibrium Rational Macroeconomic Framework. *Economic Issues of the Eighties*. Baltimore: John Hopkins University Press; 1979. p. 44-57.
19. Mundell RA. The Future of the International Financial System. *Bretton-Woods revisited*. Toronto, 1972. p. 91-104.
20. Friedman M. If Money Talked… Moscow: Delo; 1998. 160 p. (In Russ.).
21. Friedman M. Capitalism and Freedom. Moscow: Novoe izdatel'stvo; 2006. 240 p. (In Russ.).
22. Friedman M. The Quantity Theory of Money: A Restatement. *Studies in the Quantity Theory of Money*. Chicago: University of Chica-

go Press; 1956. p. 3-21.
23. Friedman M. Money and Economic Development: The Horowitz Lectures of 1972. New York: Praeger; 1973. 67 p.
24. Friedman M. The Role of Monetary Policy. *American Economic Review*. 1968;58:1-17.
25. Muth JF. Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica*. 1961;29(3):315-335.
26. Lukas RE. Expectations and the Neutrality of Money. *Journal of Economic Theory*. 1972;4(2):103-124.
27. Lukas RE. Understanding Business Cycles. *Studies in Business-Cycle Theory*. Cambridge: MIT Press; 1977. p. 215-239.
28. Sargent TJ, Sims CA. Business Cycle Modeling Without Pretending to Have Too Much a Priori Theory. *New Methods of Business Cycle Research: Proceedings from a Conference*. Minneapolis: Federal Reserve Bank of Minneapolis; 1977. p. 45-109.
29. Sims CA. A Simple Model for Study of the Determination of the Price Level and the Interaction of Monetary and Fiscal Policy. *Journal of Economic Theory*. 1994;4(3):381-399.
30. Sims CA. Fiscal Aspects of Central Bank Independence. Princeton, New Jersey: Princeton University; 2003. Available from: http://sims.princeton.edu/yftp/Munich/CBInd.pdf [Accessed 5th January 2015].
31. Laffer AB. Monetary Policy and the Balance of Payments. *Journal of Money, Credit and Banking*. 1972;4(1):13-22.
32. Laffer AB, Seymour JP. The Economics of the Tax Revolt. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich; 1979. 138 p.
33. Mundell RA. Monetary Theory: Inflation, Interest and Growth in the World Economy. Pacific Palisades, California: Goodyear; 1971. 189 p.
34. Stiglitz J. Economics of the Public Sector. Moscow: MGU: INFRA-M; 1997. 720 p. (In Russ.).
35. Federal Debt: Total Public Debt as Percent of Gross Domestic Product. *Economic Research. Federal Reserve Bank of St. Louis*. Available from: https://fred.stlouisfed.org/series/GFDEGDQ188S [Accessed 20th January 2017].
36. Financial audit: Bureau of the Fiscal Service's Fiscal Years 2015 and 2014 Schedules of Federal Debt. *U.S. Government Accountability Office*. Available from: http://www.gao.gov/assets/680/674652.pdf [Accessed 5.11.2016].
37. Glaziev S. World Economic Crisis as a Process of Substitution of Technological Modes. *Voprosy Ekonomiki*. 2009;(3):26-38. (In Russ.). https://doi.org/10.32609/0042-8736-2009-3-26-38.
38. Glaz'ev SYu. On urgent measures to strengthen the economic security of Russia and to put the Russian economy on a trajectory of advanced development. Report. Moscow: In-t ekonomicheskikh strategii, Russkii biograficheskii in-t; 2015. 60 p. (In Russ.).

Информация об авторе

С. Е. Трофимов,
кандидат экономических наук,
Байкальский государственный университет,
664011, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, Россия

Information about the author

Sergei E. Trofimov,
Cand. Sci. (Econ.),
Baikal State University,
11 Lenin St., Irkutsk, 664011, Russia

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил статью к публикации и несет ответственность за содержание.

Contribution of the author

The author has conducted the study, prepared the article for publication and bears the responsibility for publication.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Conflict interests

The author declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

Статья поступила в редакцию 28.10.2021.
Одобрена после рецензирования 25.11.2021.
Принята к публикации 26.11.2021.

The article was submitted 28.10.2021.
Approved after reviewing 25.11.2021.
Accepted for publication 26.11.2021.

Научная статья
УДК 625.062; 625.066
http://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-602-607

Применение рассолов природного происхождения для обеспыливания автомобильных дорог с переходным типом покрытия на примере Иркутской области

© Вадим Борисович Балабанов[1]✉, Джамиля Николаевна Хамидулина[2]
[1,2]Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия
[1]balabanovvb@istu.edu✉
[2]d-khamidulina@mail.ru

Аннотация. Автодорожная сеть Иркутской области составляет более 12 000 км, причем большая часть автомобильных дорог пролегает в местах расположения сельских поселений и особо охраняемых природных территорий, заповедников и национальных парков и при этом представлена переходным типом покрытия. В связи с этим к дорожным материалам, в том числе для обеспыливания, предъявляются жесткие требования. Цель работы заключается в исследовании влияния на окружающую среду процессов пыления автомобильных дорог с переходным типом покрытия, а также в поиске решения проблемы пылимости данных дорог на территории Иркутской области с использованием материалов местного происхождения. Для этого были проведены наблюдения за обработкой автомобильных дорог с переходным типом покрытия, пролегающих по территории Жигаловского района Иркутской области, и последующей их эксплуатацией на протяжении теплого и сухого времени года. В процессе исследования был изучен состав и влияние на окружающую среду рассола природного происхождения, добываемого на территории Знаменского месторождения Жигаловского района Иркутской области, в сравнении с другими материалами, используемыми для обеспыливания проезжей части. Был сделан вывод об экологической безопасности природного рассола и его эффективности для обеспыливания дорожного покрытия.

Ключевые слова: переходный тип покрытия, содержание автомобильных дорог, обеспыливание, обеспыливающие материалы

Для цитирования: Балабанов В. Б., Хамидулина Д. Н. Применение рассолов природного происхождения для обеспыливания автомобильных дорог с переходным типом покрытия на примере Иркутской области // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 602–607. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-602-607.

Original article

Using brine solutions of natural origin for dust control on motorways with an intermediate road surfacing on example of Irkutsk region

Vadim B. Balabanov[1]✉, Dzhamilya N. Khamidulina[2]
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
[1]balabanovvb@istu.edu✉
[2]d-khamidulina@mail.ru

Abstract. The road network of the Irkutsk region comprises over 12 000 km. Most roads run near villages, nature reserves and national parks; nevertheless, intermediate road surfacing is used. Therefore, road materials, including dust control, are subject to stringent requirements. The objective of the work is to study the environmental impact of dusting processes on highways with an intermediate road surfacing, as well as to solve the problem of scuffing of these roads on the territory of the Irkutsk region using local materials. For this, on the territory of the Zhigalovsky district in the Irkutsk region, the processing of highways with the intermediate road surfacing and their subsequent operation during the warm dry season were examined. In the course of the study, the composition and environmental impact of the brine solution of natural origin produced on the territory of the Znamensky deposit in the Zhigalovsky

district, the Irkutsk region, was compared to other materials used for dust control of motorways. A conclusion was made on the environmental safety of natural brine and its efficiency in dust control on road surfaces.

Keywords: transitional type of coverage, road maintenance, dedusting, dedusting materials

For citation: Balabanov V. B., Khamidulina D. N. Using brine solutions of natural origin for dust control on motorways with an intermediate road surfacing on example of Irkutsk region. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):602-607. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-602-607.

Введение

Вследствие увеличения интенсивности движения, повышения осевых нагрузок и отсутствия возможности проведения регулярных ремонтов автодорожная отрасль нуждается в создании эффективных методов содержания автомобильных дорог. Современная автомобильная дорога с гравийным покрытием обеспечивает в пределах установленных межремонтных сроков службы бесперебойный, круглогодичный, безопасный и удобный проезд автомобилей с установленными скоростями и нагрузками. Плохая видимость, являющаяся следствием пыления, которое характерно для автомобильных дорог переходного типа, существенно снижает безопасность и удобство управления автомобилем. Пыль оказывает негативное воздействие как на водителей, ухудшая условия видимости на дороге и создавая аварийные ситуации, так и на окружающее пространство, особенно в зонах населенных пунктов. Мелкая дорожная пыль висит в воздухе, затрудняя дыхание, а оседает на растениях, замедляя их развитие и рост во время периода вегетации. Кроме того, удаление мелких фракций грунта с поверхности дороги приводит к разрушению геометрии дорожного полотна [1]. Пылимость грунтовой дороги объективно влечет за собой увеличение затрат на обслуживание и содержание автомобильной дороги. Кроме того, большое количество автомобильных дорог с переходным типом покрытия проходит через населенные пункты, поэтому меры по обеспыливанию необходимо принимать ежегодно в теплое сухое время года, так как пылимость дороги отрицательно влияет на качество жизни людей, проживающих на близлежащих территориях [2]. На сухой поверхности грунтовых и гравийных дорог в теплый период под действием нагрузок от проезжающих автомобилей мелкодисперсные фракции разрыхляются и поднимаются в воздух в виде пыли. Порядка 70 % такой пыли составляет фракция крупнее 0,053 мм. При уменьшении доли мелкозернистого материала в покрытии автомобильных дорог переходного типа слой износа начинает разрушаться. Это, в свою очередь, приводит к появлению более серьезных разрушений, таких как выбоины, колейность и многих других. В связи с этим работы по обеспыливанию являются обязательными мероприятиями для обеспечения дорожного движения на пылящих покрытиях [3, 4].

В настоящее время для обеспыливания и увеличения несущей способности гравийных покрытий применяют множество материалов [5–10], в том числе:

- битумные эмульсии (анионные ЭБА-3 и катионные ЭБК-2, ЭБК-3);
- нефтяные дорожные жидкие битумы (медленно густеющие МГ 40/70 и среднегустеющие СГ 40/70);
- лигносульфонаты технические (кальциевые, натриевые, кальциево-натриевые, аммониевые и др.);
- техническую поваренную соль (в виде 20–30 % раствора);
- хлористый кальций (в виде 30 % раствора).

В данной работе будут подробнее рассмотрены возможности использования рассолов природного происхождения, содержащих хлористый кальций, Знаменского месторождения Жигаловского района Иркутской области.

Методы

Рассол добывается на Знаменском месторождении (Жигаловский район Иркутской области) с глубины 1818 м. Природный рассол для применения на дорогах представляет собой 30-процентный кальций магниевый хлорид с ориентировочным содержанием основных компонентов: кальций хлористый – 75 %, магний хлористый – 20 %, прочие хлориды – 5 %. Плотность товарного рассола составляет 1,28–1,3 кг/литр.

Показатели качества рассола природного происхождения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Показатели качества рассола природного происхождения
Table 1. Quality indicators of brine of natural origin

Наименование показателя	ГОСТ 450-77	Природный рассол
Внешний вид	Раствор желтовато-серого или зеленоватого цвета прозрачный или с легкой мутью	
Массовая доля:		
– хлористого кальция, %, не менее;	35	75
– магния в пересчете на $MgCl_2$, %, не более;	Не нормируется	20
– прочих хлоридов, в том числе $MgCl_2$, в пересчете на NaCl, %, не более;	3	4
– железа, (Fe), %, не более;	Не нормируется	0,09
– нерастворимого в воде остатка, %, не более;	0,15	0,11
– сульфатов в пересчете на сульфат-ион, %, не более	Не нормируется	0,8

Для наблюдения за эффективностью рассола природного происхождения, добываемого на территории Знаменского месторождения, были выбраны несколько участков автомобильных дорог с грунтовым покрытием, проходящих через населенные пункты (рис. 1), в связи с высокой интенсивностью движения большегрузных автомобилей, увеличивающих пылимость покрытия, тем самым ухудшая условия проживания местного населения и экологическую обстановку.

Населенные пункты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Площадь участков автодорог, обработанных рассолом природного происхождения
Table 2. The area of road sections treated with brine of natural origin

Населенный пункт	Площадь обработки, м^2
1. Нижняя Слобода	25 000
2. Якимовка	10 000
3. Знаменка	38 000
4. Константиновка	25 800
5. Дальняя Закора	34 220
Всего	*133 020*

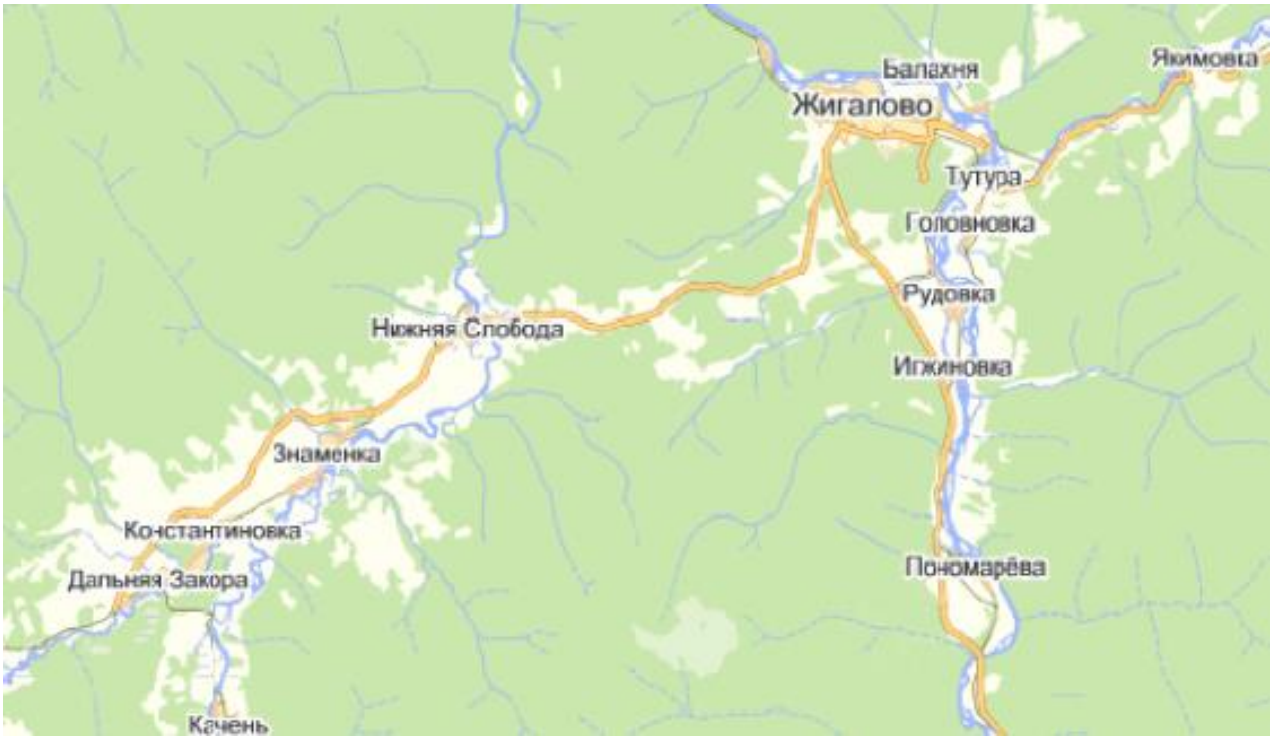


Рис. 1. Местоположение экспериментальных участков для обеспыливания
Fig. 1. Location of experimental sites for dedusting

Результаты и их обсуждение

Обеспыливание дорожного покрытия производилось путем распределения раствора по поверхности дорожного полотна в сухую безветренную погоду.

После распределения и смешивания с материалом дорожной одежды соль остается в дорожной одежде, поэтому прямого контакта с автотранспортом и окружающей природой не происходит, в отличие от технологий, при которых используется распределение сухих солей. При правильной технологии распределения обеспыливающего раствора природного происхождения никакого вреда здоровью, автомобилям и окружающей среде не наносится.

Кроме высокой эффективности и экологической безопасности использование рассола природного происхождения значительно уменьшает стоимость производства работ в условиях использования близлежащих автомобильных дорог. Так как нет необходимости готовить растворы путем их разведения из сухого сырья, а также за счет отсутствия высоких затрат на доставку материалов до места производства работ при обеспыливании дорог в Иркутской области, в сравнении с обработкой раствором бишофита, стоимость работ снижается в 1,5 раза.

Мониторинг состояния обработанных участков производился в течение 25 дней с момента первой обработки. Для наглядности действия рассола природного происхождения Знаменского месторождения следует рассмотреть фотоматериалы покрытия до и после обеспыливания (рис. 2).

Рис. 2. Автомобильная дорога до обеспыливания (слева) и после обеспыливания (справа)
Fig. 2. The road before dedusting (left) and after dedusting (right)

Заключение

На данный момент на территории Иркутской области, как и на территории всей нашей страны, количество автомобильных дорог с переходным типом покрытия все еще очень велико. На балансе Иркутской области содержатся автомобильные дороги с переходным типом покрытия, длина которых составляет порядка 2/3 от общей протяженности автомобильных дорог. Учитывая сравнительно небольшие объемы денежных средств, выделяемых на содержание данных автомобильных дорог, а также необходимость их содержания в надлежащем состоянии, использование рассола природного происхождения Знаменского месторождения для обеспыливания покрытия не только существенно сократит стоимость производства работ, без потери их качества, но и не нанесет вреда окружающей среде и автотранспортным средствам.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Савченко А. В. Укрепление пылящих поверхностей // Записки Горного института. Т. 150. Ч. 1. С. 54–57.
2. Горшков Е. В., Насими М. Х. Исследование загрязнения городской воздушной среды мелкодисперсной пылью природного происхождения [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3896 (05.06.2021).
3. Геращенко Е. А. Обеспыливание грунтовых и щебеночных дорожных покрытий // Фундаментальные и прикладные исследования молодых ученых: сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (Омск, 08–09 февраля 2018 года). Омск: СибАДИ, 2018. С. 361–367.
4. Игнатьева А. П., Стойка Н. А. Стабилизация и обеспыливание гравийных дорог // Автомобильные дороги. 2011. № 8. С. 73–77.
5. Вишневский А. В. Использование отходов промышленного производства для обеспыливания технологических автомобильных дорог // Вестник ЗабГУ. 2017. Т. 23. № 11. С. 12–18. https://doi.org/10.21209/2227-9245-2017-23-11-12-18
6. Буренина О. Н., Давыдова Н. Н., Андреева А. В., Даваасенгэ С. С., Савинова М. Е., Копылов В. Е. Свойства материалов из эмульсионно-минеральных смесей для использования в технологиях обеспыливания автомобильных дорог с переходным типом покрытия // Приволжский научный вестник. 2015. № 11 (51). С. 30–35.
7. Ушаков В. В., Браунер Е. Н. Мероприятия по снижению пылеобразования на карьерных автомобильных дорогах Забайкалья // Материалы региональной конференции «Проблемы освоения и рационального использования природных ресурсов Забайкалья». Чита, 2000. С. 62–65.
8. Челышева Т. В. Применение лигносульфонатов для укрепления и обеспыливания лесовозных автомобильных дорог // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2001. № 5-6. С. 64–70.
9. А.с. SU 377463 A1 СССР, МПК E01C 3/04. Обеспыливающая эмульсия для обработки поверхности автомобильных дорог / А. С. Зуев, В. С. Ивашкин, Г. Н. Мышлянова, М. А. Токмаков. № 1368747/29-14; заявл. 06.10.1969; опубл. 17.04.1973.
10. Калганов С. А. Обеспыливание и укрепление дорожных покрытий хлористым кальцием // Автомобильные дороги. 1960. № 6. С. 24–25.

REFERENCES

1. Savchenko AV. Strengthening dusty surfaces. *Zapiski Gornogo Instituta = Journal of Mining Institute*. 2002;150(1):54-57. (In Russ.).
2. Gorshkov EV, Nasimi MKh. Study of urban air pollution with fine-dispersed dust. *Inzhenernyi vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2016. No. 4. (In Russ.). Available from: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3896 (05.06.2021).
3. Gerashchenko EA. Dust control of unpaved and gravel road surfaces. *Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya molodykh uchenykh: sbornik nauchnykh trudov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* (Omsk, 08–09th February 2018). Omsk: SibADI; 2018. p. 361-367. (In Russ.).
4. Ignatieva AP, Stoyka NA. Stabilization and dedusting of gravel roads. *Avtomobil'nye dorogi*. 2011;8:73-77. (In Russ.).
5. Vishnevsky AV. The use of industrial wastes for dust control of roads. *Vestnik ZabGU = Bulletin of ZabGU*. 2017;23(11):12-18. (In Russ.). https://doi.org/10.21209/2227-9245-2017-23-11-12-18.
6. Burenina ON, Davydova NN, Andreeva AV, Davaasenge SS, Savinova ME, Kopylov VE. Properties of materials emulsion-mineral mixtures for use in technology dedusting roads with transitive type of cover. *Privolzhskii nauchnyi vestnik*. 2015;11(51):30-35. (In Russ.).
7. Ushakov VV, Brauner EN. Measures to reduce dust formation on open-pit auto-mobile roads of Transbaikalia. *Materials of the regional conference "Problems of development and rational use of natural resources of Transbaikalia"*. Chita, 2000. p. 62-65. (In Russ.).
8. Chelysheva TV. Use of lignosulfonates for reinforcing and dedusting forest roads. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2001;5-6:64-70. (In Russ.).
9. Ivashkin VS, Tokmakov MA, Zuev AS, Myshlyanova GN. Dedusting emulsion for road surface Treatment. Certificate of authorship, SU

377463 A1 the USSR, IPC E01C 3/04. No. 1368747/29-14, 1973. (In Russ.).

10. Kalganov SA. Dedusting and strengthening of road surfaces with calcium chloride. *Avtomobil'nye dorogi*. 1960;6:24-25. (In Russ.).

Информация об авторах

В. Б. Балабанов,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2884-9674

Д. Н. Хамидулина,
магистрант кафедры автомобильных дорог,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия

Information about the authors

Vadim B. Balabanov,
Cand. Sci. (Eng.), Associate professor,
head of the Department of Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2884-9674

Dzhamilya N. Khamidulina,
Master's student of the Department of Highways,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 14.10.2021.
Одобрена после рецензирования 10.11.2021.
Принята к публикации 11.11.2021.

The article was submitted 14.10.2021.
Approved after reviewing 10.11.2021.
Accepted for publication 11.11.2021.

Научная статья
УДК 502.504; 338.2; 628.54
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-608-623

О путях повышения объективности и обоснованности нормативов образования отходов в ремонтно-строительном производстве

Евгений Георгиевич Величко[1]✉, Константин Львович Чертес[2], Эдуард Станиславович Цховребов[3]
[1]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, pct44@yandex.ru✉
[2]Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия, chertes2007@yandex.ru
[3]Академия безопасности и специальных программ, г. Москва, Россия, rebrovstanislav@rambler.ru

Аннотация. Цель работы заключается в разработке мер повышения объективности, достоверности, обоснованности нормативов образования отходов в ремонтно-строительном производстве как важного фактора обеспечения экологической безопасности при строительстве, реконструкции, капитальном и текущем ремонте, эксплуатации объектов недвижимости. Проведенное исследование базируется на применении комплекса логико-аналитических научно-исследовательских методов. Обобщены и систематизированы нормативно-методические материалы по проблемам нормирования образования производственных отходов по отраслям, секторам экономики, видам экономической деятельности. Показано, что исходная информационная база устанавливаемых нормативов образования отходов и лимитов на их размещение в большинстве своем основана на устаревших удельных нормах и нормативах образования производственных отходов, разработанных еще в 70-х – начале 90-х гг. прошлого столетия и, с учетом кардинально изменившихся за полвека технологий, оборудования, техники, методов ведения ремонтно-строительного производства, организационно-технических решений и схем в рамках научно-технического развития строительной отрасли, не может представлять собой достоверную, объективную, обоснованную оценку образования и движения отходов. Предложены пути решения сложившейся ситуации в сфере нормативного регулирования процессов экологического нормирования образования отходов. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости формирования единой целостной системы разработки удельных показателей образования производственных отходов по видам экономической деятельности как в отраслевом, так и межотраслевом разрезах, а также принятия соответствующих организационно-управленческих и правовых решений на государственном уровне.

Ключевые слова: отходы производства, окружающая среда, экологическая безопасность, строительство, ремонт, нормативы образования отходов

Для цитирования: Величко Е. Г., Чертес К. Л., Цховребов Э. С. О путях повышения объективности и обоснованности нормативов образования отходов в ремонтно-строительном производстве // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 608–623. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-608-623.

Original article

Improving objectivity and validity of waste generation standards in repair and refurbishment field

Evgeny G. Velichko[1]✉, Konstantin L. Chertes[2], Eduard S. Tshovrebov[3]
[1]Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia, pct44@yandex.ru✉
[2]Samara State Technical University, Samara, Russia, chertes2007@yandex.ru
[3]Academy of safety and special program, Moscow, Russia, rebrovstanislav@rambler.ru

Abstract. In the present work, improving the objectivity, reliability and validity of waste generation standards in the repair and refurbishment field is discussed due to their importance in ensuring envi-

ronmental safety during construction, reconstruction, capital and running repairs and facility maintenance. The study is based on logical and analytical research methods. Regulatory and procedural guidelines on rationing industrial waste generation were summarised and classified in industries, economic sectors and economic activity. It was shown that the information background on waste generation and disposal limits comprises outdated standards adopted in the 1970s – early 1990s. In the past decades, given the profound changes in the repair and refurbishment technology, equipment and methods due to scientific and technical development, these standards have become an unreliable estimate of waste generation and flow. Here, the measures are proposed to remedy the issues with environmental regulation of waste generation. The obtained results indicate the need for a unified system of developing relative waste generation rates categorised by industry and cross-industry economic activity, as well as adopting nationally recognised organisational, management and legal decisions.

Keywords: industrial waste, environment, environmental safety, construction, repair, waste generation standards

For citation: Velichko E. G., Chertes K. L., Tshovrebov E. S. Improving objectivity and validity of waste generation standards in repair and refurbishment field. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):608-623. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-608-623.

Введение

Объективная, обоснованная оценка образования наиболее опасных для природы и здоровья человека антропогенных объектов окружающей среды – отходов производства и потребления – является одним из базовых механизмов реализации провозглашенных в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» основных принципов охраны окружающей среды: платности природопользования и возмещения вреда окружающей среде, презумпции экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности, обязательности оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности, обеспечения снижения негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в соответствии с нормативами в области охраны окружающей среды, соблюдения права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды и ряда других.

Нормативно-методический инструментарий установления нормативов образования отходов напрямую определяет качественное и количественное содержание информационно-аналитической базы показателей нормативов образования отходов, лимитов на их размещение, инвентаризации объектов обращения с отходами, первичной отчетной документации (ПОД), форм федерального статистического наблюдения в области обращения с отходами производства и потребления № 2-ТП (отходы), формируемых на их информационной основе комплексных экологических разрешений, территориальных схем и региональных программ обращения с отходами, стратегий, концепций научно-технического, промышленно-технологического развития отраслей и секторов отечественной экономики, материалов государственных докладов о состоянии окружающей среды, большого спектра документов федерального, регионального, отраслевого, местного уровня.

Актуальность и значимость поставленной проблемы в строительной отрасли определена необходимостью объективной, обоснованной количественной оценки образования наиболее опасных для окружающей среды и токсичных для здоровья людей отходов, образующихся в процессах ремонтно-строительного производства, эксплуатации зданий, в частности технологических операций отделочных, изоляционных, строительно-монтажных, кровельных работ, хранения, выгрузки, перемещения, отпуска нефтепродуктов, сыпучих минеральных, химических веществ, лакокрасочных материалов, загрязненных органическими и неорганическими веществами грунта, песка, щебня, и, в первую очередь, отходов I, II класса опасности [1–5].

В настоящей статье обращается внимание на то, что особенностью нормирования отходов в ремонтно-строительном производстве является учет и оценка образования и движения не только строительных, но и отходов, создающих типовые проблемы во многих отраслях и секторах экономики: эксплуатации, обслуживания котлоагрегатов, компрессорных установок, автотранспортных средств; механизированной обработки, доработки деревян-

ных, полимерных, металлических изделий; складских, перевозочных, погрузочно-разгрузочных работ, а также электронного, электротехнического оборудования, спецодежды, инструмента, фурнитуры, защитных средств.

Необходимость современной многофакторной оценки определения норм и количеств источников негативного воздействия на окружающую среду при размещении, проектировании, строительстве и эксплуатации объектов в целях определения комплекса организационно-технических мер и разработки прогрессивных технологий по предотвращению, снижению такого воздействия отмечается в работах отечественных и зарубежных авторов [6–10]. На этих превентивных принципах основаны современные концепции и механизмы реализации экономики замкнутого цикла и «зеленой» экономики [11–15], ресурсосбережения и обеспечения экологически безопасного обращения с отходами производства и потребления [16–20].

Исходя из вышеизложенного, целью работы определено всестороннее исследование действующей в настоящее время нормативно-методической базы оценки нормативов образования производственных отходов на предмет актуальности, достоверности, соответствия современным тенденциям и направлениям научно-технического развития Российской Федерации.

Обоснованность настоящей работы предопределена составом авторского коллектива, участники которого стояли у истоков отечественной системы экологического нормирования, являются разработчиками согласованных федеральными органами исполнительной власти методических рекомендаций, справочников, сборников показателей образования отходов производства и потребления, расчетных методов их определения, а также проекта Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года, утвержденной Правительством Российской Федерации в 2018 году.

Методы

Материалами для проведения исследования послужили законодательные и подзаконные акты, документы по стандартизации в области обращения отходов, методики, методические рекомендации, справочники, отраслевые нормы и нормативы по определению количеств образования отходов.

Методы исследования основываются на системном анализе, позволяющем дать комплексную оценку состоянию проблемы и путей ее поэтапного разрешения в части повышения объективности, достоверности, обоснованности отечественной системы экологического нормирования образования отходов и разработки комплексных экологических разрешений.

Результаты и их обсуждение

Первоначальным этапом исследования являлось установление иерархических связей, структурно-функциональной зависимости движения информации по обращению с отходами на различных этапах, уровнях управления, организации, регулирования природоохранной деятельности.

Разработанная на основе применения исследовательских методов: обобщения, экспозиции, систематизации, дифференциации, композиции, интеграции – означенная структурно-функциональная схема с иллюстрацией иерархических связей составляющих блоков приведена на рис. 1.

Как следует из представленной блок-схемы (рис. 1), исходной аналитической базой всех статистических, нормативных, разрешительных, программных и иных документов, территориальных, отраслевых схем служат данные о количествах отходов, образующихся в процессе производственно-хозяйственной и иной деятельности или в ходе потребления продукции, об установленных нормативах образования и лимитах на их размещение.

По результатам анализа правовых актов в области нормирования образования отходов отмечается, что, в соответствии с «Методическими указаниями по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение», утвержденными приказом МПР России от 07.12.2020 г. № 1027, нормативы образования отходов, в зависимости от возможности получения исходных данных для расчета и характера отходообразующих процессов, устанавливаются на базе применения методов: материально-сырьевого баланса, экспериментального, статистического, а также по удельным отраслевым нормативам образования отходов.

Последний упомянутый метод расчета, определенный в справочных материалах, методических рекомендациях по определению удельных показателей образования отходов по видам экономической деятельности, несмотря на невысокий уровень точности, явля-

ется наиболее востребованным по следующим причинам:

1. Простота математических расчетов (прямое умножение удельного норматива образования отходов на единицу продукции, выполненной работы, услуги – кг(т)/т ($м^2$, $м^3$); на условно-расчетную единицу – кг/ед; исчисление относительной массовой доли от обрабатываемой продукции, материалов (%)).

2. Возможность применения цифровых технологий в виде компьютерного моделирования данного метода определения нормативов с созданием удобных для пользователей компьютерных расчетных комплексов и программ.

3. Отсутствие необходимости проведения многочисленных трудоемких экспериментов, опытов, многолетних статистических наблюдений, дорогостоящих инструментальных либо лабораторных исследований.

4. Возможность выполнения оперативного экспресс-анализа показателей образования отходов при осуществлении функций экологического контроля, нормирования и экспертизы деятельности в области обращения с отходами.

5. Более высокая вероятность согласования проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение в надзорно-регулирующих органах с учетом наличия подтверждающей нормативно-методической базы.

6. Целесообразность применения метода при обосновании намечаемой деятельности, разработке программ, прогнозов, предпроектной и проектной документации, осуществлении государственного надзора и производственного экологического контроля в области обращения с отходами.

Рис. 1. Структурно-функциональная схема движения информации по обращению с отходами (разработана авторами статьи)
Fig. 1. Structural and functional diagram of the flow of information on waste management (developed by the authors of the article)

Таким образом, во многом от обоснованности, правильности выполнения расчетов по упомянутому выше методу определения образования отходов зависит достоверность, объективность, полнота, оптимальность всей национальной информационно-аналитической системы учета их обращения.

При нормативно-методическом обеспечении этой важнейшей системы, реализующей оценку состояния экологической безопасности

и благоприятных условий жизнедеятельности людей, соответствие процесса формирования удельных отраслевых нормативов образования отходов современным методам ведения ремонтно-строительного производства, организационно-техническим схемам, техническим регламентам, наилучшим доступным технологиям с использованием высокотехнологичных видов оборудования, установок, средств автоматизации является необходимым и доминантным фактором. Рассмотрим, насколько актуальна система таких нормативов в настоящее время. Для этого в работе проведены обобщение, систематизация, ретроспективный и сопоставительный анализ действующих методик, рекомендаций, сборников, справочников, с применением которых выполняется определение количеств (объема) отходов и установление нормативов их образования на основе метода расчета по удельным отраслевым нормативам. Осуществлено изучение сложившихся исторических тенденций и временных рамок в отношении предмета и объекта исследования с установлением хронологии библиографических источников, образующих исходную нормативно-методическую и информационно-аналитическую базу используемых сейчас удельных отраслевых нормативов образования отходов.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 1 и 2.

Следует отметить, что в таблице не приведены более ранние источники в виде научно-технической литературы.

В целях повышения наглядности интерпретации и иллюстрации сложившейся ситуации на основе данных табл. 1 и 2 построена диаграмма (рис. 2), отражающая примерное процентное соотношение по временным периодам выпуска исходных источников действующей в настоящее время нормативно-методической базы установления нормативов образования отходов по методу удельных отраслевых нормативов.

Анализ данных табл. 1, 2 и диаграммы (рис. 2) показывает, что действующие методические рекомендации, сборники, справочники, на которых базируется разработка нормативов образования отходов, в подавляющем большинстве основаны на нормах 70-х – начала 90-х гг. прошлого столетия. Насколько такая ситуация приемлема и допустима в настоящее время, по истечении 30–50 лет, в эпоху стремительного развития электронных, мембранных, нано-, цифровых, информационных, иных технологий, высокотехнологичных видов оборудования, техники, продукции в России и во всем мире – вопрос, представляющийся крайне актуальным. Отметим, что за этот период претерпели наиболее существенные преобразования передвижной транспортный парк и объекты транспортной инфраструктуры, энергетики, строительные материалы и методы ведения ремонтно-строительного производства, бытовая техника и средства связи, применяемые технологии. Широкий спектр материалов, изделий, предметов, конструкций прекратил свое существование, либо их серийный выпуск давно прекращен.

Соответственно, значимо изменились способы, методы, технологии сборки, установки, обработки, доработки материалов, конструкций, изделий, нормы выхода, качественный и количественный состав, структура, свойства, уровень токсичности, опасности образующихся отходов. Так, сведено к минимуму использование в строительстве разогретого нефтяного битума в «чистом виде», пенополистирольных плиток, шлаковаты, ряда растворителей и красочных пигментов (на основе солей кадмия, свинца, ртути, меди, хрома, цинка), некоторых видов асбестосодержащих изделий как низкоэффективных и/или экологически опасных материалов, а также изделий, требующих трудозатратной доработки на объекте строительства (асбестовые листы, половые и паркетные доски, листовое стекло, пакля, сухие краски, гипс, известь, мел, минеральные засыпки) с образованием значительных количеств потерь и загрязненных токсичных остатков. Существенные изменения претерпел качественный состав и уровень безопасности для человека и окружающей среды современных кровельных, лакокрасочных, изоляционных материалов. На промплощадки строительства и ремонта поступают конструкции максимальной технологически возможной сборки, готовности и высокой степени комплектации, блок-модули, не требующие трудоемкой доработки и подгонки, в связи с чем отмечается тенденция к устойчивому росту доли монтажных работ по отношению к общестроительным. Компьютерное моделирование оптимального раскроя материалов, заготовок изделий, высокий уровень детализации, технической готовности конструкций и материалов к монтажу обеспечивают снижение объемов образования отходов. Применение 3D-моделирования строительных операций вообще практически исключает появление отходов как таковых.

Таблица 1. Состав нормативно-методической базы современных показателей нормативов образования отходов
Table 1. The composition of the regulatory and methodological base of modern indicators of waste generation standards

Используемые методические рекомендации	Нормативно-методическая база документа	Год изда-ния	*) Нормативно-методическая база сборников и справочников НИЦПУРО – исходных источников методических рекомендаций	Год изда-ния
1. РД 153-39.4-115-01. Удельные нормативы образования отходов производства и потребления при строительстве и эксплуатации производственных объектов ОАО «АК Транснефть”»	1. Предельное количество накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации). Минздрав СССР, Минводхоз СССР, Мингео СССР. 2. Предельное количество токсичных промышленных отходов, допускаемое для складирования в накопителях (на полигонах) твердых бытовых отходов (нормативный документ). Минжилкомхоз РСФСР, Минздрав СССР. 3. Рекомендации по определению норм накопления ТБО для городов РСФСР. М.: АКХ им. К.Д. Памфилова. 4. Рекомендации по организации сбора и планово-регулярного удаления бытовых отходов с городских территорий. Государственный комитет ЖКХ РСФСР. 5*. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1996	1985 1985 1982 1984	1. Справочник ВМР черной металлургии. 2. Справочник ВМР цветной металлургии. 3. Справочник ВМР угольной промышленности. 4. Справочник ВМР нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. 5. Справочник ВМР в легкой промышленности. 6. Справочник ВМР пищевой промышленности. 7. Справочник ВМР лесной и деревообрабатывающей промышленности. М.: Экономика. 8. Справочник по лесопилению. 9. Нормы расхода сырья и материалов в лесной и деревообрабатывающей промышленности. 10. Справочник мебельщика. 11. Временное положение об организации сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов. Вторнефтепродукт. 12. Справочник молодого машиностроителя. 13. Заготовка и переработка вторичных металлов. М.: Металлургия. 14. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник. М.: Стройиздат	1988 1984 1984 1984 1983 1984 1984 1980 1977 1985 1994 1967 1972 1985
2. РД 153-34.1-02.208-2001. Рекомендации по разработке проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение для ТЭС и котельных	1. Предельное количество накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации). 2. Порядок накопления, транспортировки, обезвреживания, захоронения токсичных промышленных отходов и методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов. Минздрав СССР, ГКНТ СССР. 3. РД 34.43.302-91. Методические указания по использованию отработанных турбинных и трансформаторных масел на технологические нужды энергетических предприятий. 4. СНиП II.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. 5*. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1999	1985 1987 1991 1985	Пункты 1–13 из «Справочных материалов по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления» (М.: НИЦПУРО, 1996). Дополнительно: 1. Р 3112194-0366-97. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. Минтранс России. 2. Краткий автомобильный справочник 1994 г. (переиздание справочника 1985 г.). 3. Исследование свойств и характеристик отходов предприятий автомобильного транспорта и разработка норм образования, накопления отходов на АТП: отчет о НИР. М.: ЗАО «Гипроавтотранс»	 1997 1985 1995

Продолжение таблицы 1

Используемые методические рекомендации	Нормативно-методическая база документа	Год изда-ния	*) Нормативно-методическая база сборников и справочников НИЦПУРО – исходных источников методических рекомендаций	Год изда-ния
3. Методические рекомендации по расчету нормативов образования отходов для автотранспортных предприятий. СПб: НИИ Атмосфера, 1998	1. Краткий автомобильный справочник. М.: Транспорт. 2. Вторичные материальные ресурсы номенклатуры Госснаба (образование и использование): справочник. 3. МУ-200-РСФСР-12-0207-83. Методические указания по нормированию сбора отработанных масел в автотранспортных предприятиях. Минавтотранс РСФСР. 4. ОНТП-01-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. 5. ВСН 01-89. Ведомственные строительные нормы предприятия по обслуживанию автомобилей. 6. ГОСТ 8407-84. Покрышки и камеры изношенные. 7. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М.: Транспорт	1985 1983 1984 1991 1990 1984 1986	–	
4. Временные методические рекомендации по расчету нормативов образования отходов производства и потребления. СПб, 1998	1. Нормативы технологических отходов и потерь сырья, материалов, топлива и тепловой энергии в производстве (межотраслевого назначения). М.: Экономика. 2. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. М.: Транспорт. 3. Краткий автомобильный справочник. М.: Транспорт. 4. Справочник ВМР лесной и деревообрабатывающей промышленности. М.: Экономика. 5. Нормы технологических потерь при зачистке резервуаров. 6. МУ-200-РСФСР-12-0207-83. 7. ОНТП-01-91. 8. ОНТП-14-93. Нормы технологического проектирования предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки. Механообрабатывающие и сборочные цехи. 9. Нормативные показатели удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от основных видов технологического оборудования предприятий отрасли. Харьков. 10. Рекомендации по определению норм накопления ТБО для городов РСФСР. М.: АКХ им. К. Д. Памфилова. 11*. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1996	1983 1986 1985 1984 1994 1984 1991 1993 1991 1982	1. Справочник ВМР черной металлургии. 2. Справочник ВМР цветной металлургии. 3. Справочник ВМР угольной промышленности. 4. Справочник ВМР нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. 5. Справочник ВМР в легкой промышленности. 6. Справочник ВМР пищевой промышленности 7. Справочник ВМР лесной и деревообрабатывающей промышленности. М.: Экономика. 8. Справочник по лесопилению. 9. Нормы расхода сырья и материалов в лесной и деревообрабатывающей промышленности. 10. Справочник мебельщика. 11. Временное положение об организации сбора и рационального использования отработанных нефтепродуктов. Вторнефтепродукт. 12. Справочник молодого машиностроителя. 13. Заготовка и переработка вторичных металлов. М., Металлургия. 14. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник. М.: Стройиздат	1988 1984 1984 1984 1983 1984 1984 1980 1977 1985 1994 1967 1972 1985

ISSN 2227-2917 (print)
ISSN 2500-154X (online)
Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость
Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate
Том 11 № 4 2021 с. 608–623
Vol. 11 No. 4 2021 pp. 608–623

Продолжение таблицы 1

Используемые методические рекомендации	Нормативно-методическая база документа	Год изда-ния	*) Нормативно-методическая база сборников и справочников НИЦПУРО – исходных источников методических рекомендаций	Год изда-ния
5. Методические рекомендации по разработке проекта нормативов предельного размещения отходов для теплоэлектро-станций, теплоэлектро-централей, промышленных и отопительных котельных. СПб.: Энерго-потенциал, 1998	1. Справочник по применению и нормам расхода смазочных материалов. М.: Химия. 2. РД 112 РСФСР-028-90. Нормы технологических потерь нефтепродуктов при защите резервуаров. 3. МУ 34-70-165-87. МУ по очистке мазутных резервуаров от донных отложений. 4. Справочник химика-энергетика. Водоподготовка и водный режим парогенераторов. 5. РД 43.02.305-90. Методика определения валовых и удельных выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций. 6. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. Л.: Гидрометеоиздат. 7. Справочник по ремонту котлов и вспомогательного оборудования. М.: Энергоиздат. 8. Типовые методические положения по нормированию запасных частей на техническое обслуживание и ремонт машин, оборудования и приборов. Госплан СССР. 9. Нормы затрат на ТО и технический ремонт автомобилей. Минавтотраанс РСФСР. 10. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автотранспорта. 11. Справочник машиностроителя. М.: Машиностроение. 12. Электрические кабели, провода и шнуры: справочник. 13. Состав и свойства золы и шлака ТЭС: справ. пособ. Л.: Энергоатомиздат. 14. РД 34.10.403-89. Нормы расхода ионитов и фильтрующих материалов на досыпку и замену при эксплуатации водоподготовительных установок теплоэлектростанций. 15. Краткий автомобильный справочник. М.: Транспорт. 16*. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1996.	1977 1990 1987 1972 1991 1986 1981 1986 1984 1986 1987 1979 1985 1989 1985	Нормативно-методическая база «Справочных материалов по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления» приведена в п. 1	1967–1994
6. Методические рекомендации по оценке объемов образования отходов производства и потребления. НИЦПУРО, 2003	1*. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1996. 2*. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1999.		Нормативно-методическая база методических рекомендаций, справочника и сборника приведена в пп. 1–2	1967–1997

Окончание таблицы 1

Используемые методические рекомендации	Нормативно-методическая база документа	Год изда-ния	*) Нормативно-методическая база сборников и справочников НИЦПУРО – исходных источников методических рекомендаций	Год изда-ния
7. Сборник методик по расчету объемов образования отходов (МРО). СПб., 2004. МРО 1-10	1*. Временные методические рекомендации по расчету нормативов образования отходов производства и потребления. 2. ГОСТ 12.3.028-82. Процессы обработки абразивным и эльборовым инструментом. Требования безопасности. 4. Краткий автомобильный справочник. М.: Транспорт. 5. Номенклатурный каталог. Сер. «Химические и физические источники тока». НК 22.0.01.92. 6. Каталоги «Лампы разрядные» (высокого, низкого давления, люминесцентные и иные). 7. Нормы технологических потерь при зачистке резервуаров (взамен РД 70 112-РСФСР-028-90). 8. Вторичные материальные ресурсы номенклатуры Госснаба (образование и использование): справочник. 9. ГОСТ 4754-80. Шины пневматические для легковых автомобилей. Технические условия. 10. ГОСТ 5513-86. Шины пневматические для грузовых автомобилей, автоприцепов, автобусов и троллейбусов. 11. ГОСТ 13298-78. Шины с регулируемым давлением. 12. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Каталог. 13. МУ-200-РСФСР-12-0207-83. 14. ОНТП-01-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. 15. Линейные нормы расхода автомобильного бензина, дизельного топлива, сжиженного газа на 100 км пробега для автомобильного транспорта. Госплан СССР	 1982 1985 1992 1986–1988 1994 1987 1980 1986 1978 1981 1984 1991 1983	Нормативно-методическая база временных методических рекомендаций по расчету нормативов образования отходов производства и потребления приведена в п. 4	1967–1994
8. ОН 017-01124328-2000. Допустимые нормы образования отходов в технологических процессах железнодорожного транспорта». М., 2001	1. Классификатор промышленных отходов предприятий железнодорожного транспорта. 2. Методические указания по проектированию очистных сооружений и оборотных систем водоиспользования для предприятий железнодорожного транспорта. 3*. Справочные материалы по удельным показателям образования важнейших видов отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1996. 4*. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. М.: НИЦПУРО, 1999.	1994 1994	Нормативно-методическая база справочника и сборника НИЦПУРО приведена в пп. 1–2	1967–1997

ISSN 2227-2917 (print)
ISSN 2500-154X (online)
Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость
Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate
Том 11 № 4 2021
с. 608–623
Vol. 11 No. 4 2021
pp. 608–623

Таблица 2. Нормативно-методическая база процесса разработки нормативов образования отходов в строительстве
Table 2. Regulatory and methodological framework for the development of standards for waste generation in construction

Нормативно-методическая база	Нормативная база Методики	Исходная нормативно-техническая и методическая база РДС 82-202-96 и дополнений к нему, образующая в совокупности основу информационных данных современной действующей Методики МинЖКХиС (2010 г.)	Год издания
Методика по разработке и применению нормативов трудноустранимых потерь и отходов материалов в строительстве, утвержденная приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16.01.2020 № 15/пр	1. РДС 82-202-96. Правила разработки и применения нормативов трудноустранимых потерь и отходов материалов в строительстве. 2. Сборник типовых норм потерь материальных ресурсов в строительстве (дополнение к РДС 82-202-96). М.,1998	СНиП 82-01-95 «Разработка и применение норм и нормативов расхода материальных ресурсов в строительстве. Основные положения»; СНиП 2.03.01-84* «Бетонные, железобетонные конструкции»; СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции»; СНиП 2.03.13-88 «Полы»; СНиП II-26-76 «Кровли. Нормы проектирования»; СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия»; СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты»; СНиП 3.09.01-85 «Производство сборных железобетонных конструкций и изделий»; ОНТП 07-85 «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона»; Временное руководство по проектированию предприятий по производству кирпича и камней керамических. Нормы технологического проектирования; Справочник по производству сборных железобетонных изделий; Строительная керамика: справочник; СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции»; ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент»; ГОСТ 10922-90 «Арматурные изделия и закладные сварные, соединения сварной арматуры и закладных изделий ЖБК»; ГОСТ 24211-91 «Добавки для бетонов»; ГОСТ 380-88 «Сталь углеродистая обыкновенного качества»; ГОСТ 530-95 «Кирпич и камни керамические»; ГОСТ 5781-82 «Сталь горячекатанная для армирования ж/б конструкций»; ГОСТ 6727-80 «Проволока из низкоуглеродистой стали холоднотянутая для армирования ж/б конструкций»; ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ»; ГОСТ 9757-90 «Гравий, щебень и песок искусственные пористые»; ГОСТ 9179-77 «Известь строительная»; ГОСТ 25192-82 «Бетон монолитный»; ГОСТ 26633-91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые»; ГОСТ 13580-85 «Плиты железобетонные ленточных фундаментов»; ГОСТ 21520-89 «Блоки стеновые из ячеистого бетона»; ГОСТ 24476-80 «Фундаменты ж/б сборные под колонны каркаса межвидового применения для многоэтажных зданий»; ГОСТ 19222-84 «Арболит и изделия из него»; ГОСТ 379-95 «Кирпич силикатный»; ГОСТ 10499-95 «Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна»; ГОСТ 22950-95 «Плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем»; ГОСТ 10923-93 «Рубероид»; ГОСТ 10296-79 «Изол»; ГОСТ 7415-86 «Гидроизол»; ГОСТ 20429-84 «Фольгоизол»; ГОСТ 21562-76 «Панели металлические с утеплителем, панели из пенопласта, панели трехслойные»; ГОСТ 24045-94 «Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства»; ГОСТ 13078-81 «Стекло натриевое жидкое»; ГОСТ 18958-73 «Стекло калиевое жидкое»; ГОСТ 15836-79 «Мастика битумно-резиновая изоляционная»; ГОСТ 2697-83 «Пергамин кровельный»; ГОСТ 6428-83 «Блоки гипсобетонные»; ГОСТ 4598-86 «Плиты древесноволокнистые»; ГОСТ 9590-76 «Пластик бумажно-слоистый декоративный»; ГОСТ 15588-86 «Плиты пенополистирольные»; ГОСТ 8928-81 «Плиты фибролитовые на портландцементе»; ГОСТ 26816-86 «Плиты цементно-стружечные»; ГОСТ 7251-77 «Линолеум ПВХ на тканой и нетканой подоснове»; ГОСТ 16914-71 «Линолеум резиновый многослойный – релин»; ГОСТ 25621-83 «Материалы и изделия полимерные строительные герметизирующие и уплотняющие»; ГОСТ 26149-84 «Покрытие для полов рулонное на основе химических волокон»; ГОСТ 24944-81 «Пленка отделочная декоративная поливинилхлоридная»; ГОСТ 30307-95 «Мастики строительные полимерные клеящие латексные»; ГОСТ 24064-80 «Мастики клеящие каучуковые»; ГОСТ 6465-76 «Эмали ПФ-115»; ГОСТ 19279-73 «Краски полимерцементные»; ГОСТ 18958-73 «Краски силикатные»; ГОСТ 28196-89 «Краски водно-дисперсионные»; ГОСТ 20833-75 «Краски водоэмульсионные для наружных работ»; ГОСТ 18992-80 «Поливинилацетатная дисперсия»; ГОСТ 1639-93 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов»; ГОСТ 7338-90 «Пластины резиновые и резинотканевые» и иные	1995; 1984;1987; 1988;1976; 1987;1987; 1985; 1985; 1989; 1982; 1976;1984; 1985;1990; 1991; 1988;1995 1982;1980; 1993; 1990; 1977;1982; 1991;1985; 1989;1980; 1984; 1995;1995; 1995;1993; 1979;1986; 1984;1976; 1994; 1981;1973; 1979;1983; 1983;1986; 1976;1986; 1981;1986; 1977;1971; 1983; 1984;1981; 1995; 1980;1976; 1973;1973 1989;1975; 1980;1993; 1990

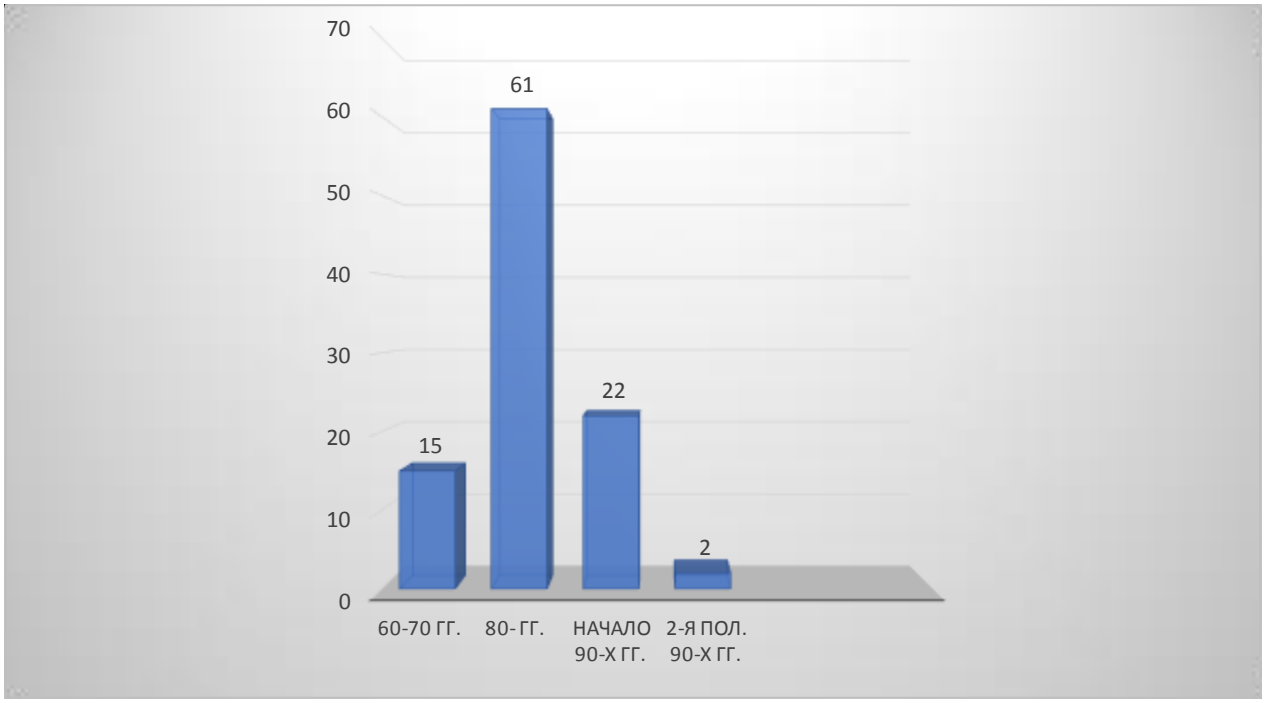


Рис. 2. Процентное распределение по временным периодам создания исходной нормативно-методической базы устанавливаемых в настоящее время нормативов образования отходов по методу удельных нормативов

Fig. 2. Percentage distribution by time periods of the creation of the initial regulatory and methodological base of the currently established standards for waste generation by the method of specific standards

На текущий период в сфере строительства и ремонта действует «Методика по разработке и применению нормативов трудноустранимых потерь и отходов материалов в строительстве», утвержденная приказом Министерства строительства и ЖКХ РФ 16.01.2020 г. Указанная Методика в значительной мере является несколько трансформированным вариантом РДС 82-202-96 «Правила разработки и применения нормативов трудноустранимых потерь и отходов материалов в строительстве» и дополнений к нему, соответственно, в ней не нашли отображения современные процессы и изменения, произошедшие в последние десятилетия в сфере ремонтно-строительного производства.

В частности, не принят во внимание активно развивающийся процесс и механизм стандартизации прогрессивных технологий, методов, регламентов и схем ремонтно-строительного производства, современных строительных изделий, конструкций, реализованный в разработке и введении в действие национальных стандартов и технических условий по новым, востребованным сейчас и не применявшимся в прошлом веке строительным материалам, таким как стекломагниевый лист, утеплители типа УРСА, кровельные сэндвич-панели, панели трехслойные с облицовками из ориентированно-стружечных плит типа OSB и утеплителем и широкий спектр других. По всем означенным изделиям нормы трудноустранимых потерь и отходов ни в упомянутой выше Методике, ни в иных нормативных документах так и не определены. Не установлены нормативы образования отходов и по другим, широко применяемым в строительстве и ремонте современным материалам, таким как древесные плиты OSB, MDF, панели CLT, МНМ, из пластиков типа АБС, ангобированная черепица, эковата, битумно-этинолевая изоляция, монтажные пены различных типов, плиты декоративные на основе природного камня, защитные антисептики древесных покрытий и пр.

Кроме того, представляется спорным применение в данном документе одинаковой усредненной нормы выхода отходов (позиции: «олифа, белила, краски»; «лаки, краски, масла») при использовании многочисленных групп (определенных в ГОСТ Р 52491-2005 «Материалы лакокрасочные, применяемые в строительстве. Общие технические условия») разнородных по агрегатному состоянию, физико-химическим свойствам, компонентному составу, технико-эксплуатационным характе-

ристикам лакокрасочных материалов (масляных, эпоксидных, водоэмульсионных, алкидных, водно-дисперсионных, полимерцементных, поливинилацетатных, силикатных, акриловых, пентафталевых, глифталевых, нитроэмалей). Аналогичные вопросы возникают при оценке нормативов потерь и отходов по кровельным материалам (обобщенная позиция «черепица» определена для всего широкого спектра типов таких изделий на основе металлической, минеральной, минерально-полимерной составляющих с различным выходом остатков и потерь), изоляционным, различным видам бетонных смесей (ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия»).

Не отражены в документах по нормированию показателей образования строительных отходов и процессы интенсивного развития производства и применения высокофункциональных высокопрочных бетонов в современном строительстве. Основными и постоянными недостатками высокопрочных бетонов являются высокие абсолютный и удельный расходы вяжущего вещества на единицу прочности. Многокомпонентность дисперсного состава относится к основным методам получения высокоэффективных прочных бетонов с минимальным содержанием вяжущего вещества и высокими строительно-техническими свойствами. Получение бетонов с высоким содержанием цементной матрицы при более низком расходе клинкерного цемента возможно при частичном замещении его комплексами различных высокодисперсных минеральных материалов (тонкомолотым доменным гранулированным шлаком, золой-уносом, микрокремнеземом, каменной мукой и др.), требующих новых значений показателей нормирования образующихся отходов при производстве бетонных смесей. Высокая дисперсность минеральных модификаторов, обусловливающая за счет этого их большие потери в окружающую среду, требует, например, наряду с применением самоуплотняющихся бетонных смесей, современных суперпластификаторов поликарбоксилатного типа, а также различных высокоэффективных химических добавок в виде модификаторов вязкости, замедлителей схватывания и ускорителей твердения. Очевидно, что использование сложной комплексной химико-минеральной модификации бетонных смесей требует более дифференцированного подхода к нормированию потерь ее составляющих, с учетом всесторонней оценки конкретного негативного влияния на окружающую среду.

Недостоверность и необъективность методической базы нормирования отходов, по различным экспертным оценкам, приводит к фиксированию в нормативной документации и выдаваемых разрешениях для субъектов промышленности и предпринимательства необоснованно увеличенных на 20–30 % количеств образующихся производственных отходов, приводя к существенным для них финансовым потерям в процессе уплаты экологического сбора и платежей за негативное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, по результатам исследования авторами поднят вопрос о путях разрешения складывавшейся годами неоднозначной ситуации с достоверностью и обоснованностью формирования национальной информационной базы образования и движения производственных отходов.

По нашему мнению, предлагаемое рядом лиц так называемое «обновление» нормативов, а точнее – простое переписывание сборников, методических рекомендаций под эгидой актуализации информационно-технических справочников в данной специфической области на сегодняшний момент приведет к дальнейшему искажению реальной ситуации с обращением с наиболее опасными отходами производственной сферы, поставит под сомнение легитимность механизма аналитической оценки количеств и нормативов образования отходов. Как следствие, потеряют объективность и обоснованность формируемые на основе таких данных статистическая отчетность, технические отчеты, территориальные схемы и региональные программы обращения с отходами, выдаваемые уполномоченным органом исполнительной власти комплексные экологические разрешения, а также базирующиеся в целом на нормативном методе определения количества отходов материалы оценки их воздействия на окружающую среду на предпроектной стадии инвестиционного процесса, экологические разделы проектов при проектировании объектов недвижимости.

Заключение

Приемлемый и оптимальный выход из сложившейся ситуации – создание при уполномоченном федеральном органе исполнительной власти специального центра, который на взаимовыгодной партнерской основе скоординирует работу по поэтапной разработке удельных показателей образования производственных

отходов по видам экономической деятельности с участием профильных отраслевых научно-исследовательских учреждений, промышленных предприятий, их специализированных производственных лабораторий, проектно-изыскательских организаций с применением современных опытно-экспериментальных, лабораторно-инструментальных, компьютерно-аналитических методов, задействованием производственно-технологической базы, использующей инновационные организационно-технические схемы, технологические регламенты, современные виды техники, машин, оборудования, наилучшие доступные технологии в производственно-хозяйственных циклах, процессах и операциях.

Предполагается также целесообразным поэтапно, по отраслям и секторам экономики задействовать механизм пересмотра и актуализации установленных нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, комплексных экологических разрешений и территориальных схем обращения с отходами, ставя во главу угла приоритеты комплексного использования материально-сырьевых ресурсов, ресурсосбережения, минимизации количеств образующихся отходов в целях обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности территорий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ильичев В. А., Колчунов В. И., Бакаева Н. В., Кобелева С. А. Оценка экологической безопасности строительства на основе модели полного ресурсного цикла // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 4 (44). С. 169–176.

2. Чертес К. Л., Шестаков Н. И. Современные биопозитивные технологии переработки отходов коммунально-строительного сектора // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 8. С. 1135–1146. https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.8.1135-1146.

3. Величко Е. Г., Цховребов Э. С., Меднов А. Е. Оценка эколого-экономического ущерба, наносимого при проведении строительно-монтажных работ // Жилищное строительство. 2014. № 8. С. 48–52.

4. Цховребов Э. С. Ресурсосбережение: основные этапы становления, теории и методы, тенденции и перспективы развития в промышленности и строительной индустрии России // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 1. С. 112–158. https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.1.112-158.

5. Telichenko V., Benuzh A., Eames G., Orenburova E., Shushunova N. Development green standards for constuuction in Russia // Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. p. 726-730. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.233.

6. Regidor A. Proposals for public investment projects under the principle of sustainable development // Nóesis: Revista de Ciencias Sociales & Humanidades. 2016. Vol. 25. Iss. 50. p. 23-48.

7. Goldstein B., Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment // Life Cycle Assessment. Theory and Practice. Ch. 28. 2018. p. 695-720.

8. Chertes K., Tupitsyna O., Pystin V., Savelyev A., Martynenko E. Improvement of the system of inorganic waste recycling to man-made soils // MATEC Web of Conferences. 5th International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education”. 2016. Vol. 86. p. 06003. https://doi.org/10.1051/matecconf/20168606003.

9. Fernando S. Y., Lange D. A., Delvasto S. Effect of incorporation of masonry residue on the properties of self-compacting concretes // Constr. and Build. Mater. 2019. Vol. 196. p. 277-283. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.132.

10. Hertwich E., Lifset R., Pauliuk S., Heeren N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future: a Report of the Int. Resource Panel. Kenya, 2020. URL: https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon (08.09.2021).

11. Hart J., Adams K., Giesekam J., Tingley D. D., Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment // Procedia CIRP. 2019. Vol. 80. p. 619-624. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015.

12. Domenech T., Bahn-Walkowiak B. Transition towards a resource efficient circular economy in Europe: policy lessons from the EU and the member states // Ecological Economics. 2019. Vol. 155. p. 7-19. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.001.

13. Elgizawy S., El-Haggar S., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // Procedia Engi-

neering. 2016. Vol. 145. p. 1306-1313. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168.
14. Ehresman T., Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy // International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics. 2015. Vol. 15 (1). p. 13-27. https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2.
15. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // Resources, Conservation and Recycling. 2017. Vol. 127. p. 221-232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
16. Tskhovrebov E., Velichko E., Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex // Materials Science Forum. 2018. Vol. 945. p. 988-994. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.988.
17. Velichko E., Tshovrebov E., Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. Vol. 164. p. 08031. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016408031.
18. Shevchenko A., Konon N., Tskhovrebov E., Velichko E. Innovative technologies of liquid media treatment in the system of ecological and sanitary-hygienic control of waste landfills // MATEC Web of Conferences. International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”. 2017. Vol. 106. p. 07005. https://doi.org/10.1051/matecconf/201710607005.
19. Velichko E., Tskhovrebov E. Insights into the state of affairs and possible ways to improve secondary material waste management // MATEC Web of Conferences. XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP) (TFoCE 2018). 2018. Vol. 196. p. 04066. https://doi.org/10.1051/matecconf/201819604066.
20. Azarov V. N., Manzhilevskaya S. E., Petrenko L. K. Organizational and economic problems of ecological safety in construction // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 698. p. 055007. https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/5/055007.

REFERENCES

1. Il'ichev VA, Kolchunov VI, Bakaeva NV, Kobeleva SA. Assessment of environmental safety of construction based on a model of a complete resource cycle. *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura*. 2016;4(44):169-176. (In Russ.).
2. Chertes KL, Shestakov NI. Modern biopositive technologies of waste processing in the utilities and construction industries. *Vestnik MGSU = Monthly Journal on Construction and Architecture*. 2020;15(8):1135-1146 (in Russ.). https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.8.1135-1146.
3. Velichko EG, Tshovrebov ES, Mednov AE. Assessment of ecological-economic damage in the course of construction and erection works. *Zhilichnoe stroitel'stvo = Housing construction*. 2014;8:48-52. (In Russ.).
4. Tshovrebov ES. Resource-saving: main formation stages, theories and methods, tendencies and prospects of development in industry and construction of Russia. *Vestnik MGSU = Monthly Journal on Construction and Architecture.* 2020;15(1):112-158 (In Russ.). https://doi.org/10.22227/1997-0935.2020.1.112-158.
5. Telichenko V, Benuzh A, Eames G, Orenburova E, Shushunova N. Development green standards for constuuction in Russia. *Procedia Engineering*. 2016;153:726-730. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.233.
6. Regidor A. Proposals for public investment projects under the principle of sustainable development. *Nóesis: Revista de Ciencias Sociales & Humanidades*. 2016;25(50):23-48.
7. Goldstein B, Rasmussen F. LCA of Buildings and the Built Environment. *Life Cycle Assessment. Theory and Practice*. Ch. 28. 2018. p. 695-720.
8. Chertes K, Tupitsyna O, Pystin V, Savelyev A, Martynenko E. Improvement of the system of inorganic waste recycling to man-made soils. *MATEC Web of Conferences. 5th International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education”*. 2016;86:06003. https://doi.org/10.1051/matecconf/20168606003.
9. Fernando SY, Lange DA, Delvasto S. Effect of incorporation of masonry residue on the properties of self-compacting concretes. *Constr. and Build. Mater*. 2019;196:277-283. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.132.
10. Hertwich E, Lifset R, Pauliuk S, Heeren N. Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future: a Report of the Int. Resource Panel. Kenya, 2020. Available from:

https://www.unep.org/resources/report/resource-efficiency-and-climate-change-material-efficiency-strategies-low-carbon [Accessed 08th September 2021].
11. Hart J, Adams K, Giesekam J, Tingley DD, Pomponi F. Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment. *Procedia CIRP*. 2019;80:619-624. https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.12.015.
12. Domenech T, Bahn-Walkowiak B. Transition towards a resource efficient circular economy in Europe: policy lessons from the EU and the member states. *Ecological Economics*. 2019;155:7-19. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.001.
13. Elgizawy S, El-Haggar S, Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study. *Procedia Engineering*. 2016;145:1306-1313. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.168.
14. Ehresman T, Okereke C. Environmental justice and conceptions of the green economy. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*. 2015;15(1):13-27. https://doi.org/10.1007/s10784-014-9265-2.
15. Kirchherr J, Reike D, Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017;127:221-232. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005.
16. Tskhovrebov E, Velichko E, Niyazgulov U. Planning measures for environmentally safe handling with extremely and highly hazardous wastes in industrial, building and transport complex. *Materials Science Forum*. 2018;945:988-994. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.988.
17. Velichko E, Tshovrebov E, Niyazgulov U. Organizational, technical and economic fundamentals of waste management and monitoring. *E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019*. 2020;164:08031. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016408031.
18. Shevchenko A, Konon N, Tskhovrebov E, Velichko E. Innovative technologies of liquid media treatment in the system of ecological and sanitary-hygienic control of waste landfills. *MATEC Web of Conferences. International Science Conference SPbWOSCE-2016 "SMART City"*. 2017;106:07005. https://doi.org/10.1051/matecconf/201710607005
19. Velichko E, Tskhovrebov E. Insights into the state of affairs and possible ways to improve secondary material waste management. *MATEC Web of Conferences. XXVII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering (27RSP) (TFoCE 2018)*. 2018;196:04066. https://doi.org/10.1051/matecconf/201819604066.
20. Azarov VN, Manzhilevskaya SE, Petrenko LK. Organizational and economic problems of ecological safety in construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019;698:055007. https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/5/055007.

Информация об авторах

Е. Г. Величко,
доктор технических наук, профессор,
Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6742-8621

К. Л. Чертес,
доктор технических наук, профессор,
Самарский государственный технический
университет,
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская,
244, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3353-4768

Information about the authors

Evgeny G. Velichko,
Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Moscow State University of Civil Engineering
(National Research University) (MGSU),
26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337,
Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6742-8621

Konstantin L. Chertes,
Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100,
Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3353-4768

Э. С. Цховребов,
кандидат экономических наук, доцент,
Академия безопасности и специальных программ,
123215, г. Москва, ул. Профсоюзная, 100а, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9481-3832

Eduard S. Tshovrebov,
Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor,
Academy of Safety and Special Programs,
100a, Profsoyznaya Str., Moscow, 123215, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9481-3832

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 21.10.2021.
Одобрена после рецензирования 19.11.2021.
Принята к публикации 22.11.2021.

The article was submitted 21.10.2021.
Approved after reviewing 19.11.2021.
Accepted for publication 22.11.2021.

Научная статья
УДК 628.144.2
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-624-637

Оценка надежности снабжения водой потребителей с учетом сезонных изменений условий функционирования системы подачи и распределения воды

Алексей Сергеевич Душин
ООО «Сетевая компания “ИРКУТ”», г. Иркутск, Россия, a.s.dushin@mail.ru

Аннотация. Цель – исследование надежности снабжения потребителей водой в условиях сезонных изменчивости водопотребления и интенсивности аварийных ситуаций на водопроводных сетях. В работе продемонстрировано, что показатели надежности в летний и зимний периоды работы систем подачи и распределения воды (СПРВ) имеют отличительные особенности. Для организации бесперебойного снабжения потребителей водой необходимо учитывать сезонную изменчивость показателей коэффициента готовности и вероятности безотказного снабжения водой потребителей (K_j, P_j) и добиваться оптимальных условий функционирования СПРВ в каждом исследуемом периоде их эксплуатации. Анализ статистической информации о потреблении воды за предыдущие периоды эксплуатации и оценка аварийности в СПРВ позволяют сделать прогнозы и составить модели функционирования СПРВ на последующие периоды их эксплуатации. На примере системы водоснабжения микрорайона Иркутск-II города Иркутска на основе разработанной методики оценки эксплуатационной надежности, электронных моделей и программы для ЭВМ проведено исследование показателей надежности СПРВ при различных режимах эксплуатации. Также изучено влияние интенсивности аварийных ситуаций в СПРВ (в количественном и хронологическом порядке) на отборы воды потребителями и их группами в течение сезона, года, в зависимости от территориального размещения абонентов в сети. На фактическом примере доказано влияние вышеперечисленных факторов на надежность обеспечения потребителей водой. По результатам исследования рекомендуется эксплуатационным организациям осуществлять контроль за изменением указанных показателей надежности в течении сезонов года, что, в свою очередь, позволит оценивать работоспособность, режимную управляемость системы и обеспечит возможность повышения эффективности при оптимизации развития и реконструкции СПРВ.

Ключевые слова: система подачи и распределения воды, нефиксированный отбор воды, вероятностный характер отбора воды и возникновения аварийных ситуаций, вероятность безотказного снабжения потребителей водой, коэффициент готовности обеспечения потребителей водой, оптимизация работы СПРВ

Для цитирования: Душин А. С. Оценка надежности снабжения водой потребителей с учетом сезонных изменений условий функционирования системы подачи и распределения воды // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 624–637. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-624-637.

Original article

Assessment of reliability of supplying water to consumers given the seasonal changes in operating conditions of water transmission and distribution network

Aleksei S. Dushin
OOO “Network company «IRKUT»”, Irkutsk, Russia, a.s.dushin@mail.ru

Abstract. The study aims to evaluate the reliability of supplying water to consumers, given the seasonal variability in water consumption and the rate of emergencies in water distribution systems. It was shown that the reliability indexes associated with the operation of the water transmission and distribution network (WTD) exhibit distinctive characteristics in the summer and winter periods. To ensure an uninterrupted water supply to consumers, it is necessary to address the seasonal availability and probability of a reliable water supply (Kj, Rj) and to achieve optimal conditions for WTD functioning in each

investigated period of its operation. The statistical analysis of data on water consumption in the previous operation periods and the assessment of accidents on the WTD allow the functioning of the subsequent periods of their operation to be forecasted and modelled. On the example of the water supply system of the Irkutsk-II microdistrict (Irkutsk), the reliability of WTD was studied under various operating modes based on the developed methodology for assessing the operational reliability, electronic models and software. We also studied the influence of emergency rate in the WTD (in quantitative and chronological order) on the water consumption depending on the season, year and territorial distribution in the network. This example proves the influence of the above factors on the reliability of water supply to consumers. Based on the research results, it is recommended that operating entities monitor the change in the specified reliability indicators during the seasons of the year. This, in turn, will allow the operability and regime controllability of the system to be assessed and the efficiency to be improved by optimising the WTD development and reconstruction.

Keywords: water supply and distribution system, non-fixed water withdrawal, probabilistic nature of water withdrawal and occurrence of emergencies, probability of trouble-free water supply to consumers, availability of water supply to consumers, optimization of water supply and distribution systems

For citation: Dushin A. S. Assessment of reliability of supplying water to consumers given the seasonal changes in operating conditions of water transmission and distribution network. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):624-637. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-624-637.

Введение

Функционирование системы подачи и распределения воды (СПРВ) осуществляется в условиях постоянного изменения множества факторов, влияющих на режимы ее работы, а именно: стохастический процесс водопотребления, вероятностный характер отказов работы элементов системы, неопределенные внешние климатические, сейсмические и техногенные воздействия. Пренебрежение этими факторами на этапе формирования математических моделей, описывающих процесс функционирования СПРВ, вносит значительные погрешности в организацию и оптимизацию режимов работы системы в целом.

Поэтому обеспечение эффективной и качественной работы системы подачи и распределения воды может быть осуществлено только на основе использования современных информационных технологий анализа технического состояния объектов водоснабжения, их взаимосвязи между собой, формирования достоверных прогнозов отборов воды потребителями и динамики их изменения во времени [1–4].

Методы

Процессы и технологии моделирования водопотребления, возникновения и ликвидации аварийных ситуаций исследованы и изложены в публикациях[1] [5–21]. Разработка методики оценки и повышения эксплуатационной надежности СПРВ, ее реализация в виде программного комплекса на ЭВМ является предметом исследования в настоящей работе. Подробное описание разработанной методики, математической модели вероятностных отборов воды и распределения потоков отражено в статьях [12–14, 20, 21] и кратко излагается ниже.

Составление модели вероятностных отборов воды потребителями

Каждый узел представлен большой группой потребителей, имеющих непрерывное распределение отборов воды. Вероятностная характеристика потребителя воды представлена на рис. 1.

Отбор воды каждого узла по часу *t*, согласно правилу 3 сигм (закон Гаусса), можно представить следующим образом:

$\overline{Q}_t^{[\min]} - 3 \cdot \sigma_{Q,t}^{[\min]}$ – нижний предел;

$\overline{Q}_t^{[\max]} + 3 \cdot \sigma_{Q,t}^{[\max]}$ – верхний предел,

где $\overline{Q}_t^{[\min]}$, $\overline{Q}_t^{[\max]}$ – математические ожидания отборов воды в час минимального и максимального потребления, $\sigma_{Q,t}^{[\min]}$, $\sigma_{Q,t}^{[\max]}$ – среднеквадратичные отклонения в час минимального и максимального потребления.

[1]Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник. М.: Кнорус, 2019. 496 с.;
Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 573 с.

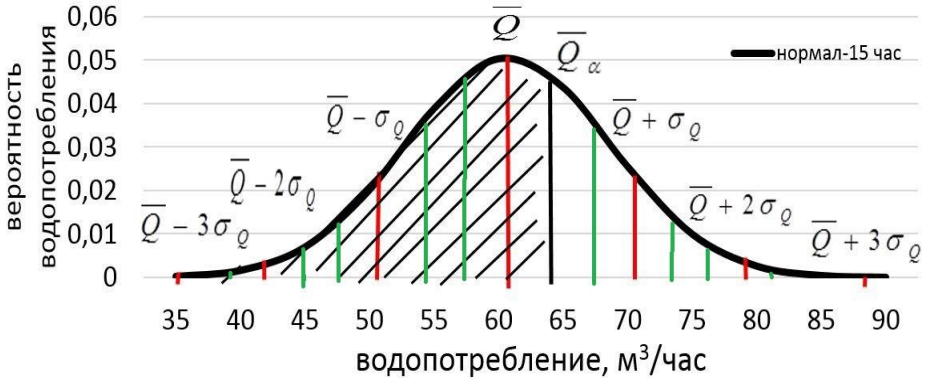


Рис. 1. Плотность распределения вероятности потребления воды по часу *t*
Fig. 1. Density of distribution of the probability of water consumption by hour *t*

Функция плотности распределения по часу *t* разбита на *k*-18 интервалов по сечениям α_s = 19 с шагом $\sigma_{j,t}/3$. Отбор воды по сечению α_s составит:

$$Q_{j,\alpha_s,t} = \overline{Q}_{j,t} - 3\cdot\sigma_{j,t} + \alpha_s\cdot\sigma_{j,t}/3.$$

Для описания плотности распределения вероятности потребления использован нормальный закон.

Составление математической модели вероятностного потокораспределения

Потокораспределение по участкам сети производится по каждому часу *t* по сечениям α_s [0,…,18] согласно 2-м системам уравнений (законы Кирхгофа), из которых 1 система (без изменения структуры сети) – безаварийный режим, 2-я система (с изменением структуры сети – ординарный поток отказов *i* [1,…, n]) – аварийные режимы.

$$\begin{cases} A X_{\alpha_s,t} = Q_{\alpha_s,t} \\ A^T P_{\alpha_s,t} = S X^2_{\alpha_s,t} - H_t \end{cases}$$

$$\begin{cases} A_{ав} X_{\alpha_s,t} = Q_{\alpha_s,t} \\ A^T_{ав} P_{\alpha_s,t} = S X^2_{\alpha_s,t} - H_t \end{cases},$$

где *A* – *(m – 1)·n* – матрица соединений узлов и ветвей расчетной схемы сети с элементами a_{ij}; $A_{ав}$ – усеченные матрицы, получаемые из *A* путем поочередного исключения элементов n_i, т.е. $A_{ав} - (m-1)\times(n-1)$; *X – n* – вектор расходов на ветвях расчетной схемы с элементами x_i; $X_{ав}$ – *(n – 1)* – вектор расходов на ветвях расчетной схемы с элементами x_i; *H – n* – вектор действующих напоров на ветвях; *P – (m – 1)* – мерный вектор узловых давлений с элементами P_j; *t* – время (час); *Q – (m – 1)* – мерный вектор узловых отборов с элементами $Q_j = f(t,\alpha_s,P_j)$:

$$Q_j = \begin{cases} Q_j^*, \text{ если } P_j \geq P_j^*, \\ Q_j(P_j), \text{ если } Z_j < P_j < P_j^*, \\ 0, \text{ если } P_j \leq Z_j, \end{cases}$$

где Q_j^* – требуемый отбор узлом *j*; P_j^* – требуемый свободный напор узлом *j*, м; Z_j – геодезическая отметка поверхности земли, м.

Оценка качества снабжения потребителей водой производится показателями расчетного и пониженного уровня для каждого узла расчетной схемы *j*: K_j – коэффициент готовности к обеспечению расчетного водоснабжения *j*-го потребителя, P_j – вероятность безотказного водоснабжения *j*-го потребителя.

Подробное описание методики формирования указанных показателей надежности представлено в статьях [13, 14]. В данной работе указаны ее основные моменты.

Нормирование значений K_j*(норм)*, P_j*(норм)* согласно СНиП 2.04.02-84 (1 категория): $t_{снж}$ = 3 сут со снижением до 30 %, $t_{пер}$ = 10 мин – перерыв в подаче воды. Нормируемые показатели K_j*(норм)*, P_j*(норм)* имеют отношение к расчетному времени (год). Количество минут в течение года составляет 8760.

$$K_j(норм) = \frac{8760 - t_{снж}}{8760} = 0,99178;$$

$$P_j(норм) = \frac{8760 - t_{пер}}{8760} = 0,99998\cdot$$

При рассмотрении любого другого интервала времени нормируемые показатели K_j*(норм)*, P_j*(норм)* в исследуемом временном интервале, например месяце, состоящем из 30 дней, можно представить при $t_{снж}$ = 3 · 30 / 365, $t_{пер}$ = (10 / (60 · 24) · 30 / 365:

$$K_j\left(норм\right)=\frac{24\cdot 30-t_{сниж}}{24\cdot 30}=\frac{720-t_{сниж}^{\text{int}}}{720}=0,99178,$$

$$P_j\left(норм\right)=\frac{24\cdot 30-t_{пер}}{24\cdot 30}=\frac{720-t_{пер}^{\text{int}}}{720}=0,99998,$$

т.е. $K_j\left(норм\right)=K_j^{\text{int}}\left(норм\right)=0,99178$, $P_j\left(норм\right)=P_j^{\text{int}}\left(норм\right)=0,99998$.

После проведения гидравлических расчетов путем сложения произведений вероятностей обеспечения потребителей в каждом режиме на соответствующие вероятности наступления этих режимов формируются обобщенные расчетные показатели K_j, P_j.

$$K_j=\frac{1}{24}\cdot\sum_{t=1}^{24}\left(\rho_{j,t,\text{безав}}^{обесп}\cdot\rho_0+\sum_{i=1}^{n}\left(\rho_{j,t,i}^{обесп}\cdot\rho_{откл,i}\right)\right);\quad P_j=\exp\left(-\frac{1}{24}\cdot\rho_0\cdot\sum_{i=1}^{24}\sum_{d=1}^{n}\lambda_d\cdot\tau_{j,t}\right),$$

где $\tau_{j,d}$ – продолжительность обеспечения потребителя j водой ниже минимально допустимого значения, λ – интенсивность отказов трубопровода, 1/(км·год), p_o – стационарная вероятность рабочего состояния сети, $p_{j,t}^{обесп}$ – вероятность обеспечения потребителя j по часу t в аварийном или безаварийном состоянии.

По причине изменений удельного потребления воды в течение года, структурного изменения СПРВ в связи с проведением аварийно-восстановительных работ распределение перерывов в подаче воды и снижение допустимого уровня обеспечения потребителей происходят неравномерно. Следовательно, качество снабжения водой каждого потребителя в течение этого времени будет разным.

В данной работе сделан акцент на изменениях показателей K_j, P_j в исследуемых интервалах времени [22].

Учет колебаний этих показателей должен стать для эксплуатирующих организаций руководством к действию: непосредственно выполнению своих основных функций – функций качественного снабжения потребителей – и поиску оптимальных условий функционирования СПРВ в каждом исследуемом периоде.

Разбивку года можно сделать по интервалам, например по месяцам, сезонам. Для каждого потребителя по временным интервалам образуется ряд параметров K_j^{int}, P_j^{int}. По этим показателям можно судить не только о качестве снабжения потребителей в разные интервалы, но и оценивать гибкость работы СПРВ и способность их адаптации к изменяющимся условиям функционирования под воздействием различных факторов.

Продолжительность года T разобьем на периоды t^{int}, имеющие по качеству функционирования СПРВ отличительные особенности, например, осенне-зимне-весенний (отопительный) и летний (подключение летнего водопровода) периоды. По своей продолжительности они неравнозначны (осенне-зимне-весенний ~ 265 дней, летний ~ 100 дней).

$$T=\sum_{t^{\text{int}}=1}^{T}t^{\text{int}}=t^{осень,зима,весна}+t^{лето}=265+100=365.$$

Взаимосвязь расчетных величин по году K_j, P_j и по интервалам K_j^{int}, P_j^{int} представлена в следующем виде:

$$K_j=\frac{1}{T}\cdot\sum_{t^{\text{int}}=1}^{T}K_j^{\text{int}}\cdot t^{\text{int}}=\frac{1}{T}\cdot(K_j^{осень,зима,весна}\cdot t^{осень,зима,весна}+K_j^{лето}\cdot t^{лето})=\frac{1}{365}\cdot(K_j^{осень,зима,весна}\cdot 265+K_j^{лето}\cdot 100);$$

$$P_j=\frac{1}{T}\cdot\sum_{t^{\text{int}}=1}^{T}P_j^{\text{int}}\cdot t^{\text{int}}=\frac{1}{T}\cdot(P_j^{осень,зима,весна}\cdot t^{осень,зима,весна}+P_j^{лето}\cdot t^{лето})=\frac{1}{365}\cdot(P_j^{осень,зима,весна}\cdot 265+P_j^{лето}\cdot 100).$$

На примере СПРВ микрорайона Иркутск-II города Иркутска проведена апробация разработанной методики оценки и повышения эксплуатационной надежности СПРВ.

Схема системы представлена на рис. 2 и 3 в обобщенной и узловой формах.

Особенности системы подачи и распределения воды микрорайона Иркутск-II

Функционирование СПРВ микрорайона Иркутск-II более подробно рассмотрено в статье [20]. В настоящей работе описаны ее основные особенности.

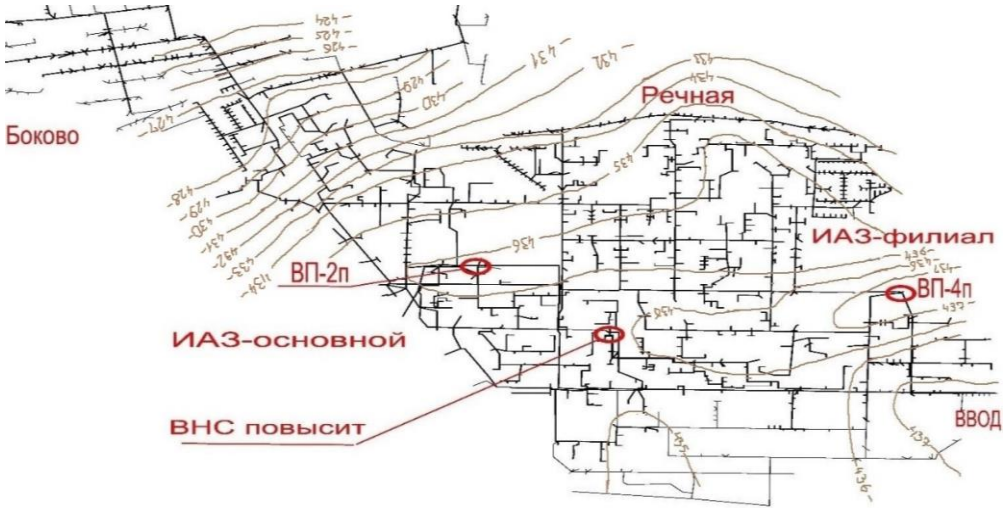


Рис. 2. Схема водопроводных сетей микрорайона Иркутск-II (в обобщенной форме)
Fig. 2. Scheme of water supply networks of the Irkutsk-II microdistrict (in generalized form)

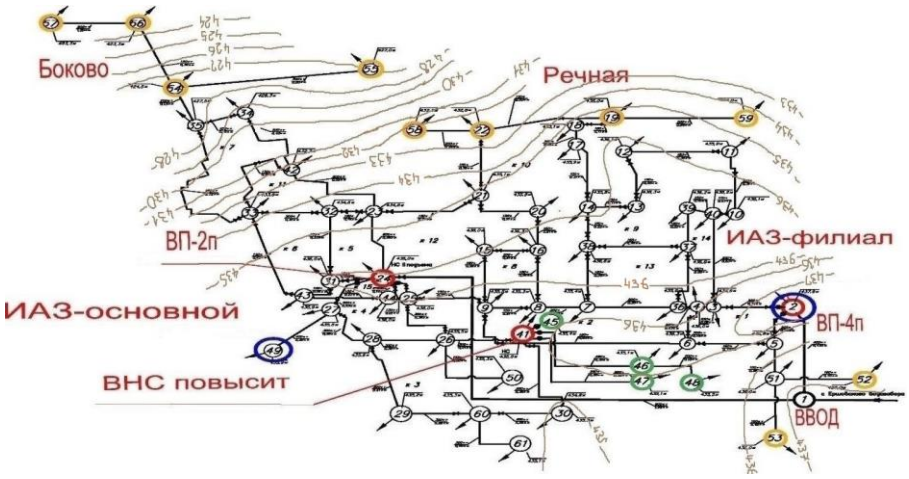


Рис. 3. Схема водопроводных сетей микрорайона Иркутск-II (в узловой форме)
Fig. 3. Scheme of water supply networks of the Irkutsk-II microdistrict (in nodal form)

Согласно данным, предоставленным расчетно-кассовым центром ООО «Сетевая компания “ИРКУТ”», численность проживающего в микрорайоне населения составляет около 44 тысяч человек (по прописке), из которых около 40 тысяч человек – жители многоквартирных домов, 4 тысячи человек – жители частного сектора. В последнем 3,5 тысячи человек используют воду на нужды хозяйственно-питьевого водоснабжения:

– в зимний период с водоразборной колонки;

– в летний период с летнего водопровода.

Около 500 человек живут в частных домах, подключенных к зимнему водопроводу, и, соответственно, имеют повышенную степень благоустройства круглогодично.

Площадь полива в частном секторе в летний период составляет около 155 тыс. м^2.

Часть жителей, проживающих в зимний период в многоквартирных домах микрорайона Иркутск-II, в летний период, особенно в выходные, используют объекты частного сектора этого же района для фактического проживания и выращивания культур на приусадебных участках. Наблюдается некая миграция потребителей воды внутри района, что, несомненно, сказывается на перераспределении потоков в СПРВ и качестве снабжения потребителей.

Водоснабжение микрорайона Иркутск-II осуществляется от коллектора городских сетей, обозначенного на рис. 3 «ВВОД». В СПРВ работают две основные насосные станции – ВП-2 (узел № 24) и ВП-4 (узел № 2), повысительная станция (узел № 41) обозначена на рисунке красным цветом. Основная территория Иркутского авиационного завода (далее ИАЗ) (узел № 49) и филиал – дополнительная

территория (узел № 2) – на рис. 3 обозначены синим цветом. От ВП-2 в основном питаются центр и районы северо-восточной части Иркутска-II в направлении п. Боково (узел № 57), а также северо-западные оконечности улиц Мира, Волгоградской и Ленинградской и дома по ул. Речная (узел № 19). От станции ВП-4 питаются центр, а также районы юго-восточной и юго-западной частей Иркутска-II. По существующим перемычкам от одной из насосных станций вода может быть подана в смежные районы, находящиеся в «зоне ответственности» другой станции. Повысительная станция работает последовательно по отношению к основным станциям и обеспечивает необходимый напор в многоэтажных домах (узлы № 45–48, обозначенные на рис. 3 зеленым цветом). Объекты частного сектора на рис. 3 выделены оранжевым цветом.

Согласно размещенным на территории микрорайона Иркутск-II коммерческим приборам учета холодной воды получены сведения о фактическом распределении отборов воды данным микрорайоном, основной территорией ИАЗ (узел № 49) и его дополнительной территорией (узел № 2). Схема размещения приборов представлена на рис. 4.

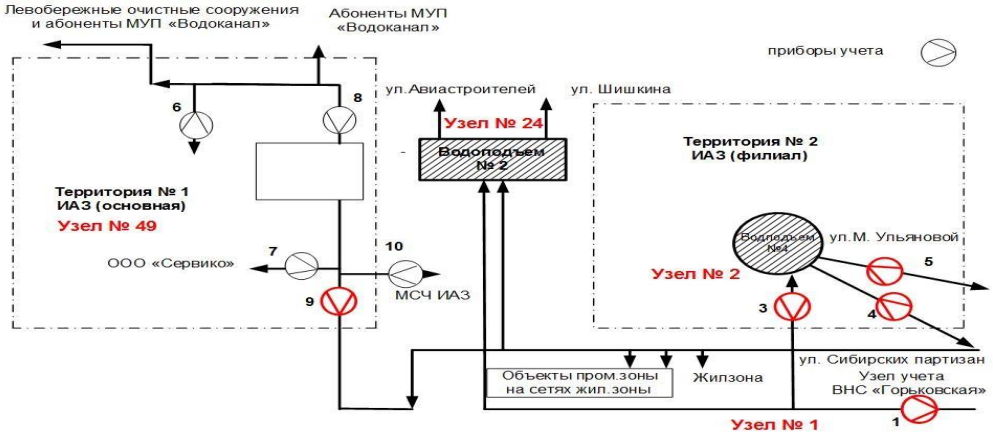


Рис. 4. Схема учета питьевой воды, потребленной Иркутским авиационным заводом – филиалом ПАО «Корпорация “Иркут”»
Fig. 4. Scheme of accounting for drinking water consumed by the Irkutsk Aviation Plant - a branch of Irkut Corporation PJSC

Сведения об общем фактическом потреблении воды микрорайоном Иркутск-II за период 07.01.2016–02.10.2021 гг. получены с расходомера питающей Иркутск-II Горьковской насосной станции (на рис. 4 обозначен прибором учета № 1), расположенной в поселке Селиваниха.

Распределение отборов воды представлено на рис. 5.

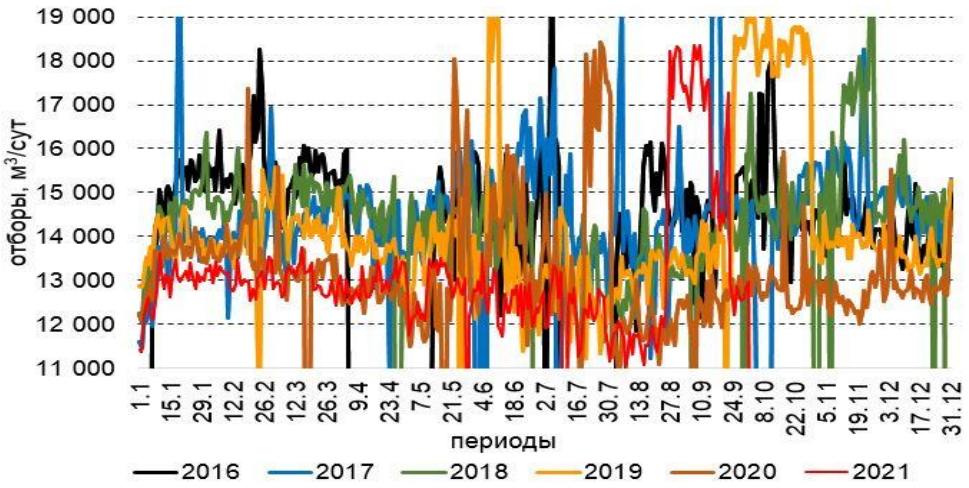


Рис. 5. Распределение отборов воды микрорайоном Иркутск-II (07.01.2016–02.10.2021 гг.)
Fig. 5. Distribution of water withdrawals by the Irkutsk-II microdistrict (07.01.2016–02.10.2021)

Сведения об отборах воды основной территорией ИАЗ за период 03.01.2017–01.10.2021 гг. получены с расходомера, расположенного на данной территории (обозначен на рис. 4 прибором учета № 9). Распределение отборов воды основной территорией ИАЗ представлено на рис. 6.

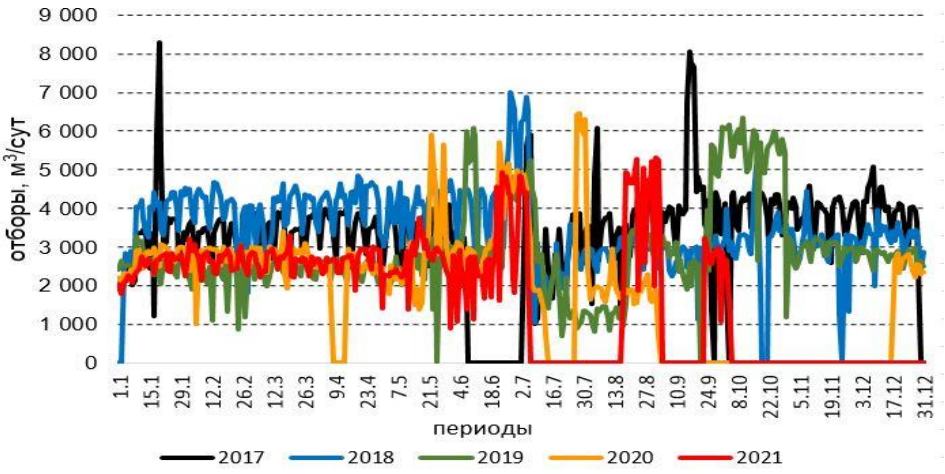


Рис. 6. Распределение отборов воды Иркутским авиационным заводом (территория основная), узел № 43, за период 03.01.2017–01.10.2021 гг.
Fig. 6. Distribution of water withdrawals by the Irkutskiy Aviatsionnyy Zavod (main area), node No. 43, for the period 03.01.2017–01.10.2021

Сведения об отборах воды дополнительной территорией ИАЗ за период 03.01.2017–01.10.2021 гг. получены с расходомеров, расположенных в районе ВП-4 (обозначены на рис. 4 приборами учета № 3, 4, 5). Распределение отборов воды дополнительной территорией ИАЗ представлено на рис. 7 разницей показаний приборов: № 3 – (№ 4 + № 5).

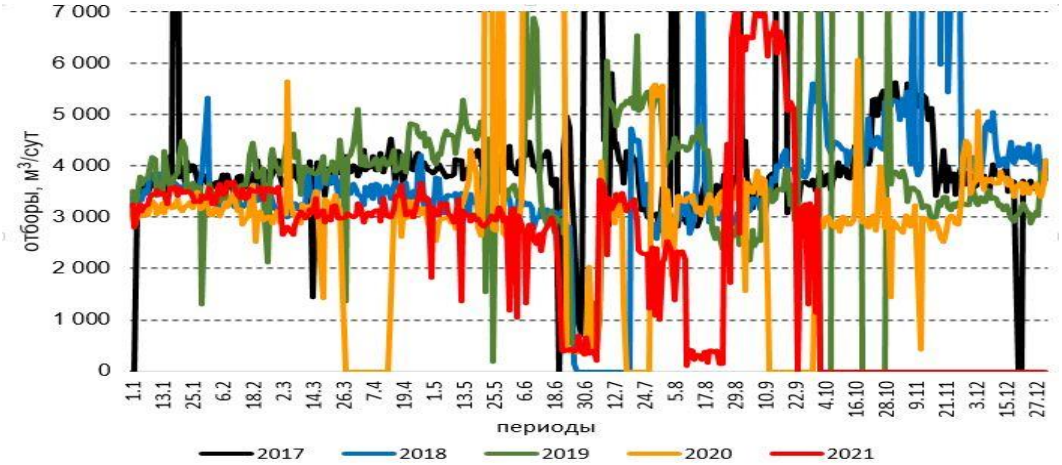


Рис. 7. Распределение отборов воды Иркутским авиационным заводом (дополнительная территория, узел № 2) за период 03.01.2017–01.10.2021 гг.
Fig. 7. Distribution of water withdrawals by the Irkutskiy Aviatsionnyy Zavod (additional area, node No. 2) for the period 03.01.2017–01.10.2021

Сведения об отборах воды населением микрорайона Иркутск-II за период 03.01.2017–01.10.2021 гг. получены по разнице показаний расходомеров: № 1 – № 9 – № 3 + № 4 + № 5, указанных на рис. 4. Распределение отборов воды населением представлено на рис. 8.

На рис. 5–8 видно, что каждый год наблюдается тенденция к снижению отборов воды в микрорайоне Иркутск-II. Указанный факт можно считать результатом эффективной политики сбережения энергоресурсов, установки индивидуальных приборов учета холодной и горячей воды.

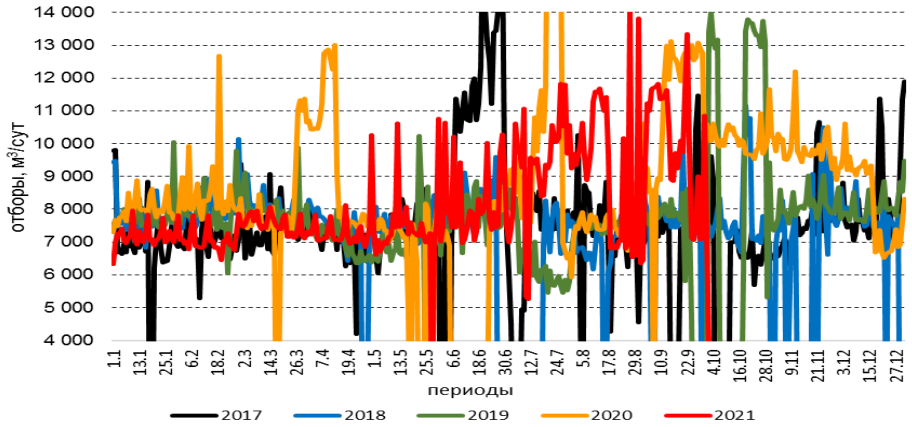


Рис. 8. Распределение отборов воды населением микрорайона Иркутск-II за период 03.01.2017–01.10.2021 гг.
Fig. 8. Distribution of water withdrawals by the population of the Irkutsk-II microdistrict for the period 03.01.2017 - 01.10.2021

Ежегодное снижение водопотребления уменьшает нагрузку на СПРВ, в общем увеличивает качество снабжения потребителей. При этом сезонная неравномерность отборов достаточно высока, снижается надежность функционирования СПРВ, особенно в летний период. Указанные обстоятельства требуют проведения исследования. Узлы № 2 и 49 являются наиболее крупными потребителями воды. Повышенные отборы воды этими узлами связаны не только с отборами на нужды ИАЗ. На основной и дополнительной территориях ИАЗ расположены котельные № 1–3, обеспечивающие горячее водоснабжение и отопление как самого завода, так и жилого массива.

Неравномерное распределение отборов воды в течение года обусловлено следующим:

1. Узлы № 2, 43:

а) в летний период – снижение объемов потребления котельных № 2 и 3 на подпитку систем отопления;

б) в зимний период – увеличение циркулируемых в тепловых сетях объемов теплоносителя вынуждает котельные повышать давление и их перепады на подающих и обратных трубопроводах, как следствие, увеличивается объем утечек в системе;

в) нужды горячего водоснабжения потребителей по сезонам меняются незначительно;

г) в летний период резкие скачки в отборах воды узлами № 2, 43 связаны с попеременными отключениями каждой из котельных при проведении ремонтно-профилактических работ, соответственно, распределением всей нагрузки на котельную, остающуюся в работе.

2. Узлы № 19, 22, 52–58 – изменения потребления воды жителями частного сектора в летний и зимний периоды.

С использованием обработки статистических данных по общим отборам воды и отборам воды наиболее крупных потребителей определены средние нагрузки каждого узла-потребителя расчетной схемы микрорайона Иркутск-II, представленной на рис. 3.

Распределение среднечасовых отборов воды узлами, м^3/час, изображено на рис. 9.

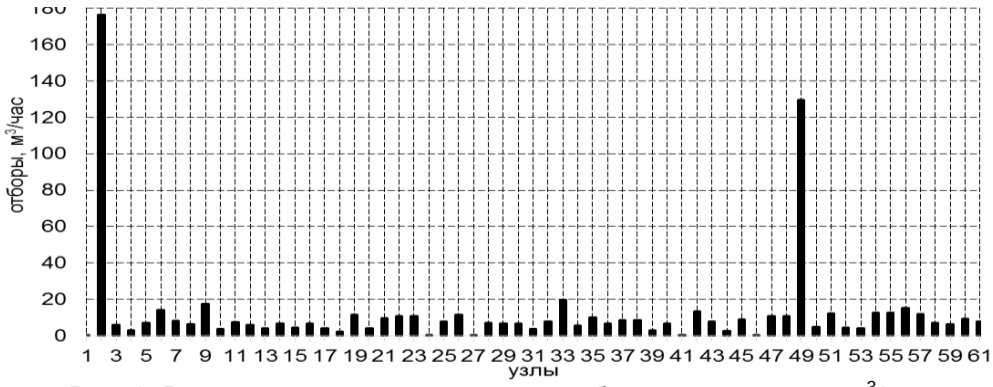


Рис. 9. Распределение среднечасовых отборов воды узлами, м^3/час
Fig. 9. Distribution of average hourly water withdrawals by units, m^3 / hour

Проведен сбор статистического материала (за период 2006–2017 гг.) по количеству аварий на участках СПРВ микрорайона Иркутск-II, распределение аварий по времени представлено в таблице.

Распределение количества аварий в системе подачи и распределения воды микрорайона Иркутск-II за период 2006–2017 гг.
Distribution of the number of accidents in the water supply and distribution system of the Irkutsk-II microdistrict for the period 2006–2017

Период	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**Среднее**
Январь	0	0	0	0	3	2	1	1	1	2	0	2	**1,0**
Февраль	2	5	3	0	6	1	2	4	0	2	1	1	**2,3**
Март	1	3	5	2	1	0	2	5	2	1	0	3	**2,1**
Апрель	4	4	6	2	8	6	9	5	6	3	4	3	**5,0**
Май	6	6	9	2	11	6	6	4	4	1	4	1	**5,0**
Июнь	0	3	7	6	7	5	3	2	13	2	7	1	**4,7**
Июль	4	7	7	12	14	4	6	6	8	10	4	6	**7,3**
Август	9	9	5	6	9	8	7	5	1	6	2	0	**5,6**
Сентябрь	5	8	11	7	7	5	5	5	3	7	2	0	**5,4**
Октябрь	9	2	8	7	3	6	4	7	5	6	4	3	**5,3**
Ноябрь	12	4	3	2	5	1	5	4	5	8	7	4	**5,0**
Декабрь	2	0	2	2	3	7	3	4	2	3	2	1	**2,6**
Всего	**54**	**51**	**66**	**48**	**77**	**51**	**53**	**52**	**50**	**51**	**37**	**25**	**–**

По результатам обработки материала о распределении количества аварий, параметров СПРВ определены интенсивность отказов на участках и интенсивность восстановления участков. Рассчитанные параметры позволили найти вероятности нахождения участков и СПРВ в целом в безаварийном и аварийном состояниях.

Результаты и их обсуждение

По представленной методике и с использованием программы для ЭВМ в данной работе произведен расчет показателей надежности обеспечения потребителей водой по сезонам года (зимний, летний) для каждого узла расчетной схемы микрорайона Иркутск-II. Результаты определения показателей представлены по вариантам:

1. Существующий вариант работы системы (исходный):

– зимний – голубой цвет, отмечен сплошной линией;

– летний – малиновый цвет, отмечен сплошной линией.

2. Вариант работы системы с увеличением пропускной способности участков трубопровода (мероприятие 1 – увеличение диаметров отдельных участков):

– зимний – синий цвет, отмечен пунктирной линией;

– летний – красный цвет, отмечен пунктирной линией.

3. Вариант работы системы со структурным резервированием (мероприятие 2 – кольцевание тупиковых участков):

– зимний – синий цвет, отмечен сплошной линией;

– летний – красный цвет, отмечен сплошной линией.

Нормируемые показатели надежности $K_i(норм)$ = 0,99178, $P_i(норм)$ = 0,99998 отмечены зеленым цветом.

Обобщенные показатели надежности K_i, P_i, полученные по результатам расчетов по исходному варианту и вариантам с проведением мероприятий, отображены на рис. 10, 11.

При сопоставлении показателей надежности, полученных по результатам расчета, с нормируемыми значениями сделаны следующие выводы:

1. Резкие сезонные изменения в потреблении воды частным сектором: подключение летнего водопровода для обеспечения хозяйственно-питьевых нужд, нужд на полив, значительное удаление объектов частного сектора от вводных линий, питающих всю СПРВ микрорайона Иркутск-II, приводят в летний период к значительному ухудшению качества снабжения водой всех потребителей, как частного сектора, так и многоквартирных домов (узлы № 3–5, 21, 23, 29, 32, 60), участки снабжения которых являются транзитными для частного сектора. Узлы № 4, 10–13, 18–21, 33, 35–37, 40 (3, 4, 5-этажные многоквартирные дома) имеют достаточно высокий требуемый напор, соответственно, риск некачественного снабжения водой.

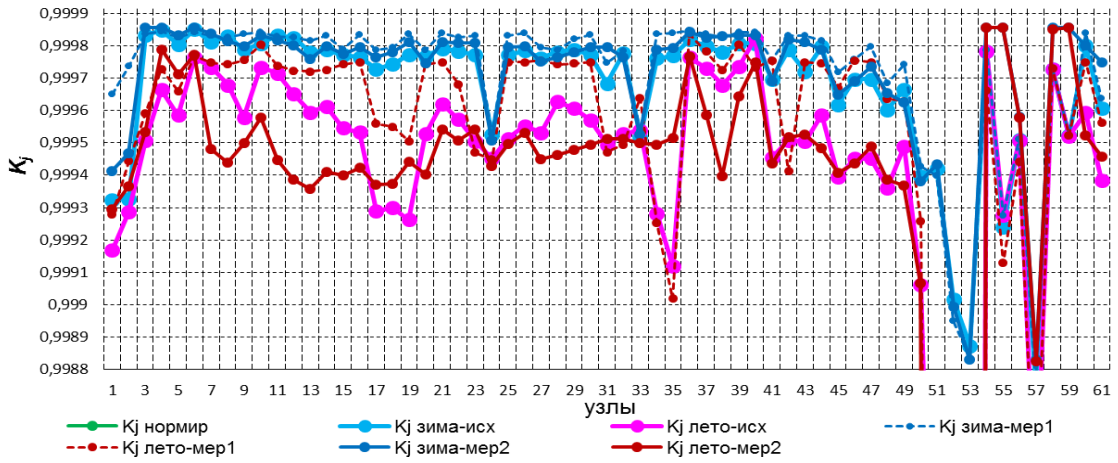


Рис. 10. Распределение показателя надежности K_j в микрорайоне Иркутск-II
Fig. 10. Distribution of the reliability indicator K_j in the Irkutsk-II microdistrict

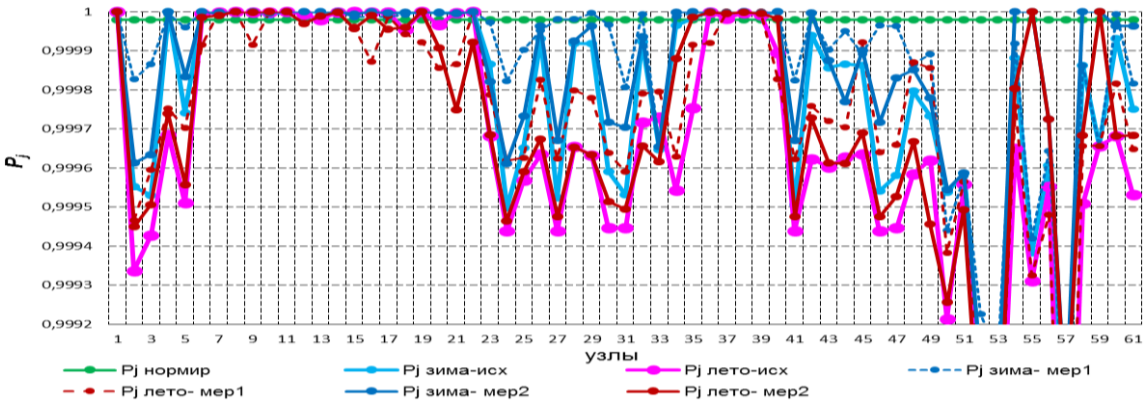


Рис. 11. Распределение показателя надежности P_j в микрорайоне Иркутск-II
Fig. 11. Distribution of the reliability indicator P_j in the Irkutsk-II microdistrict

Указанные узлы в зимний период имеют высокие расчетные значения P_j, в летний период P_j становятся ниже нормируемых (на рис. 12 выделены переходной красной заштрихованной зоной).

В летний период отключение ВП-2 может привести к отказу снабжения узлов № 20, 21, 33, 35, отключение ВП-4 – к отказу снабжения узлов № 3, 4, 10–13, 18, 19, 36, 37, 40.

2. Отсутствие резервных линий приводит к понижению значений показателя P_j и указывает на повышенный риск необеспечения потребителей как в зимний, так и летний периоды. Это касается в первую очередь потребителей, подключенных от тупиковых участков (узлы № 51–59 – частный сектор; узлы № 48, 50, 61 – многоквартирные дома, узел № 49 – основная территория ИАЗ). Такие потребители на рис. 12 выделены синим цветом.

3. Повышенную надежность обеспечения имеют узлы № 6–9, 14–17, 38 (на рис. 12 отмечены зеленым цветом), которые расположены на границе зон влияния насосных станций ВП-2 и ВП-4 (в середине микрорайона Иркутск-II). В случае отключения любой из насосных станций эти узлы гарантированно будут качественно обеспечены водой, оставшейся в работе станции. Потребители в СПРВ расположены вблизи от ВП-2 и ВП-4, сезонные колебания отборов незначительно сказываются на качестве их снабжения.

4. Невысокое качество снабжения потребителей, подключенных от кольцевых участков (узлы № 23, 24, 27, 28, 26, 46, 47, 44, 42, 43, 41, 39, 10, 13, 18, 60), обусловлено малой пропускной способностью данных участков ($D_{25\text{-}9}$ = 150 мм, $D_{9\text{-}8}$ = 150 мм). Отключение ВП-2 или ВП-4 может привести к негативным последствиям в снабжении этих потребителей. На рис. 12 такие потребители выделены оранжевым цветом. По итогам исследования можно выделить своеобразные зоны надежности водоснабжения потребителей.

В зависимости от удаленности объектов от вводных линий, питающих СПРВ Иркутска-II, пропускной способности линий, питающих по-

требителей, наличия (отсутствия) резервных линий, питающих потребителей в случае аварий, требований самих потребителей, на рис. 12 представлены 4 зоны:

– зона высоконадежного снабжения потребителей, выделенная зеленым цветом (в зимний и летний период показатели P_i стабильно выше нормируемых значений);

– зона умереннонадежного снабжения потребителей, отмеченная желтым цветом (в зимний и летний период показатели P_i в пределах нормируемых значений – чуть выше, чуть ниже);

– зоны низконадежного снабжения потребителей, выделенные голубым цветом (в зимний и летний период показатели P_i стабильно ниже нормируемых значений);

– красной заштрихованной зоной (переходной) обозначены потребители, имеющие высокую надежность обеспечения в зимний период и ниже нормируемой в летний период.

Подобная оценка надежности работы сети может проводиться регулярно. Изменение объемов потребления и количества аварий по сезонам будет приводить к разному обеспечению водой потребителей. Наряду с исследованием работы существующего варианта системы водоснабжения проведен анализ изменения качества снабжения потребителей после выполнения мероприятий. Схема водопроводных сетей (в узловой форме) с учетом проведенных мероприятий представлена на рис. 13.

Рис. 12. Схема водопроводных сетей микрорайона Иркутск-II (зоны надежности снабжения потребителей водой)
Fig. 12. Scheme of water supply networks of the Irkutsk-II microdistrict (zones of reliable water supply to consumers)

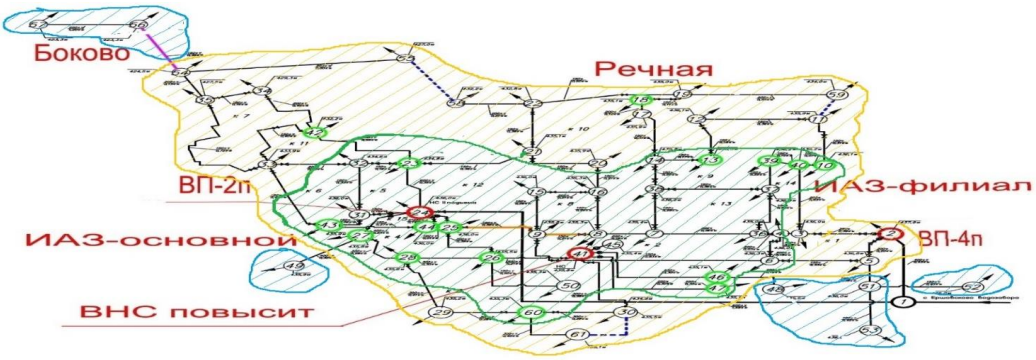


Рис. 13. Схема водопроводных сетей микрорайона Иркутск-II (с проведенными мероприятиями)
Fig. 13. Scheme of water supply networks of the Irkutsk-II microdistrict (with the measures taken)

Мероприятие 1: увеличение пропускной способности участков трубопровода 25-9, 9-8; увеличение диаметра участков со 150 мм до 250 мм. На рис. 13 указанные участки выделены оранжевым цветом.

Результаты вычислений по сезонам года представлены на рис. 10, 11: K_i *зима-мер1*, P_i *зима-мер1* – выделены синим пунктиром, K_i *лето-мер1*, P_i *лето-мер1* – красным пунктиром.

Расчетные показатели надежности P_i не для всех потребителей в полной мере достигают нормируемых значений. От выполнения мероприятия и в летний, и в зимний периоды наблюдается улучшение качества снабжения основной массы потребителей (узлы № 23, 24,

27, 28, 26, 46, 47, 44, 42, 43, 41, 39, 10, 13, 18, 60).

Мероприятие 2: структурное резервирование; кольцевание тупиковых участков.

Создание участков 30-61, 58-55, 11-59 (кольцевание) позволит увеличить надежность обеспечения потребителей частного сектора (узлы № 55 – ул. Юрия Смирнова, № 58 – ул. Речная, № 59 – ул. Речная, № 61 – ул. Почтамтская), повысит качество обеспечения противопожарных нужд, даст техническую возможность подключения новых потребителей. Указанные мероприятия по отношению к мероприятию 1 имеют более узкую направленность, предназначены для улучшения качества снабжения водой небольших групп потребителей. На рис. 13 указанные участки выделены синими пунктирными линиями.

Результаты вычислений по сезонам года представлены на рис. 10, 11: K_i *зима-мер2*, P_i *зима-мер2* – выделены синим цветом, K_j *лето-мер2*, P_j *лето-мер2* – красным цветом.

По итогам выполнения мероприятий 1 и 2 на рис. 13 можно наблюдать расширение зон надежного водоснабжения потребителей.

Заключение

В результате проведенного исследования:

1. Определена оценка эксплуатационной надежности СПРВ в летний и зимний периоды ее эксплуатации.

2. Исследовано влияние количественного распределения аварий в СПРВ и изменений водопотребления на качество снабжения потребителей водой.

3. Определены по сезонам года экономические и социальные эффекты от применения предлагаемой методики и выполнения мероприятий по улучшению качества функционирования СПРВ.

Анализ сезонных изменений отборов воды потребителями, структурных изменений в СПРВ позволяют сформировать математические модели функционирования СПРВ в каждом исследуемом периоде времени эксплуатации системы. Методика вероятностного моделирования работы СПРВ с учетом этих факторов адекватно описывает реальные процессы, происходящие в ней, что обеспечивает качественно новый уровень эксплуатации систем водоснабжения. Разработанная методика и программа ЭВМ позволяют моделировать различные режимы эксплуатации СПРВ и оценивать их режимную управляемость, готовность к изменяющимся во времени условиям работы. Она является хорошим инструментом для эксплуатирующих организаций в поиске оптимальных условий функционирования СПРВ в любой произвольный момент времени года. На примере системы подачи и распределения воды микрорайона Иркутск-II показана эффективность предлагаемой методики.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Muniyappa N. C. Improving the performance of Public Water Utilities - A case study of Bangalore / BWSSB Presentation. 14 p. URL: https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/workshop_asia/presentations/muniyappa.pdf (11.09.2021).

2. Development plan for water supply and sewerage infrastructure / Experts Group for Water Supply and Sewerage (GEUK). Peja, 2008. 49 p.

3. Holas J. Development Plan of Water Supply and Sewerage in the Hradec Kralove Region // PROJECTS, the BEST. 2006. p. 38-40.

4. Kloss H., Roman M. Ogólne problemy niezawodności systemów wodociągowych i kanalizacyjnych // Gaz Woda Techn Sanit. 1974. Vol. 48. p. 302-304.

5. Ильин Ю. А. Расчет надежности подачи воды. М.: Стройиздат, 1987. 320 с.

6. Гальперин Е. М. Надежностные расчеты кольцевых водопроводных сетей // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 3. С. 26–29.

7. Ступина Л. А., Чупин В. Р. Проблема нормирования надежности водоснабжения потребителей в задачах проектирования систем транспорта воды // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Киев: УМК ВО, 1989. С. 171–174.

8. Абрамов Н. Н. Надежность систем водоснабжения. М.: Стройиздат, 1979. 232 с.

9. Шопенский Л. А., Юрьева И. П. Построение расчетных графиков водопотребления // Водоснабжение и санитарная техника. 1985. № 11. С. 25–27.

10. Шопенский Л. А. Аналитическое описание режимов водопотребления и построение аналитических расчетных графиков // Сб. научных трудов. Вып. I. М.: ОНТИ ЦНИИЭП инженерного оборудования, 1975. С. 28–34.

11. Карамбиров С. Н. Математическое моделирование систем подачи и распределения воды в условиях многорежимности и неопределенности: монография. М.: МГУП, 2004. 197 с.

12. Чупин Р. В., Душин А. С. Оценка надежности обеспечения потребителей водой // Водо-

снабжение и санитарная техника. 2017. № 12. С. 35–44.
13. Чупин В. Р., Душин А. С. Оценка надежности обеспечения потребителей водой. Разработка показателей надежности водоснабжения потребителей // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 3. С. 578–593. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-578-593.
14. Чупин В. Р., Душин А. С. Оптимизация параметров новых и реконструируемых систем подачи и распределения воды с учетом бесперебойного водоснабжения потребителей // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 4. С. 790–803. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-4-790-803.
15. Сеннова Е. В., Кирюхин С. Н. Методика и алгоритм расчета надежности тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения городов [Электронный ресурс] / ОАО «Газпром промгаз». Москва, 2013. URL: https://www.rosteplo.ru/Npb_files/metod_1590.pdf (12.08.2021).
16. Дерюшева Н. Л., Дерюшев Л. Г. О нормировании надежности и производительности сооружений систем водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 11. С. 48–51.
17. Найманов А. Я. Особенности оценки надежности кольцевой водопроводной сети // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 12. С. 11–16.
18. Чупин Р. В., Мелехов Е. С. Развитие теории и практики моделирования и оптимизации систем водоснабжения и водоотведения: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2011. 323 с.
19. Чупин В. Р., Малевская М. Б. Выработка рекомендаций по минимизации последствий от аварийных ситуаций в системах водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 1994. № 4. С. 8–9.
20. Чупин В. Р., Душин А. С. Оценка и повышение эксплуатационной надежности системы подачи и распределения воды в микрорайоне Иркутск-II г. Иркутска // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. № 1 (31). С. 112–125. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-112-125.
21. Чупин В. Р., Душин А. С. Оценка надежности систем подачи и распределения воды // Яковлевские чтения: сборник докладов XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С. В. Яковлева (г. Москва, 15 марта 2021 г.). Москва: МИСИ – МГСУ, 2021. С. 254–264.
22. Hartley S., Harriss R. C., Blanchard T. Urban water demand and climat change // Nature Resource Forum. 1994. Vol. 1. p. 62. https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1994.tb00872.x.

REFERENCES

1. Muniyappa N.C. Improving the performance of Public Water Utilities - A case study of Bangalore. 14 p. Available from: https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/workshop_asia/presentations/muniyappa.pdf [Accessed 11 September 2021].
2. Development plan for water supply and sewerage infrastructure. Peja, 2008. 49 p.
3. Holas J. Development Plan of Water Supply and Sewerage in the Hradec Kralove Region. *PROJECTS, the BEST*. 2006. p. 38-40.
4. Kloss H., Roman M. Ogólne problemy niezawodności systemów wodociągowych i kanalizacyjnych. *Gaz Woda Techn Sanit*. 1974;48:302-304.
5. Il'in YuA. Calculation of the reliability of water supply. Moscow: Stroiizdat; 1987. 320 p. (In Russ.).
6. Galperin EM. Reliability calculations for ring water supply systems. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 2003;3:26-29. (In Russ.).
7. Stupina LA, Chupin VR. The problem of regulating the reliability of water supply to consumers in the design problems of water transport systems. *Metodicheskie voprosy issledovaniya nadezhnosti bol'shikh sistem energetiki*. Kiev: UMK VO; 1989. p. 171-174. (In Russ.).
8. Abramov NN. Reliability of water supply systems. Moscow: Stroiizdat; 1979. 232 p. (In Russ.).
9. Shopenskii LA, Yur'eva IP. Construction of calculated water consumption schedules. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 1985;11:25-27. (In Russ.).
10. Shopenskii LA. Analytical description of water consumption modes and construction of analytical calculation graphs. *Sb. nauchnykh trudov*. Vol. 1. Moscow: ONTI TsNIIEP inzhenernogo oborudovaniya; 1975. p. 28-34. (In Russ.).
11. Karambirov SN. Mathematical modeling of water supply and distribution systems under multimode and uncertainty conditions: monograph. Moscow: MSUPA; 2004. 197 p. (In Russ.).
12. Chupin RV, Dushin AS. Assessment of the customer water supply reliability. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 2017;12:35-42. (In Russ.).

13. Chupin VR, Dushin AS. Assessment of the reliability of water supply to consumers: water supply reliability indicators. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(3):578-593. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-3-578-593.
14. Chupin VR, Dushin AS. Parameter optimisation for new and reconstructed systems of water supply and distribution for ensuring consumer's uninterrupted water supply. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(4):790-803. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-4-790-803.
15. Sennova EV, Kiryukhin SN. Method and algorithm for calculating the reliability of heat networks in the development of schemes heat supply of the cities. Moscow, 2013. Available from: https://www.rosteplo.ru/Npb_files/metod_1590.pdf [Accessed 12 August 2021]. (In Russ.).
16. Deryusheva NL, Deryushev LG. On standardization of reliability and capacity of water supply systems. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 2011;11:48-51. (In Russ.).
17. Naimanov AYa. Features of reliability evaluation of ring water supply system. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 2006;12:11-16. (In Russ.).
18. Chupin RV, Melekhov ES. Development of theory and practice of modeling and optimization of water supply and sanitation systems. Irkutsk: ISTU; 2011. 323 p. (In Russ.).
19. Chupin VR, Malevskaya MB. Development of recommendations to minimize the consequences of emergencies in water supply systems. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika = Water Supply and Sanitary Technique*. 1994;4:8-9. (In Russ.).
20. Chupin VR, Dushin AS. Assessment and improvement of the operational reliability of the water supply and distribution system in the Irkutsk-II microdistrict of the Irkutsk city. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(1):112-125. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-1-112-125.
21. Chupin VR, Dushin AS. Assessment of the reliability of water supply and distribution systems. *Yakovlevskie chteniya: sbornik dokladov XVI Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati akademika RAN S. V. Yakovleva* (Moscow, 15th March 2021). Moscow: MISI – MGSU, 2021. p. 254-264. (In Russ.).
22. Hartley S, Harriss RC, Blanchard T. Urban water demand and climat change. *Nature Resource Forum*. 1994;1:62. https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.1994.tb00872.x.

Информация об авторе

А. С. Душин,
инженер-строитель,
ООО «Сетевая компания “ИРКУТ”»,
664020, г. Иркутск, ул. Авиастроителей, 28А, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7307-5167

Information about the author

Aleksei S. Dushin,
civil engineer,
OOO “Network company «IRKUT»”,
28A Aviastroiteley St., Irkutsk 664020, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7307-5167

Вклад автора

Душин А. С. провел исследование, подготовил рукопись к печати и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

Dushin A. S. has conducted the study, prepared the manuscript for publication and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

Статья поступила в редакцию 30.09.2021.
Одобрена после рецензирования 28.10.2021.
Принята к публикации 01.11.2021.

The article was submitted 30.09.2021.
Approved after reviewing 28.10.2021.
Accepted for publication 01.11.2021.

Научная статья
УДК 628.22:532.5.013
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-638-645

Сравнение результатов расчета гидравлического уклона самотечных сетей водоотведения по классической и уточненной формуле А. Шези

Анна Александровна Малышева[1], Иванна Александровна Абросимова[2]✉, Сергей Викторович Пархоменко[3]
[1,2]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия
[3]Управление капитального строительства АО «Мосводоканал», г. Москва, Россия
[1]MalyshevaAA@mgsu.ru
[2]AbrosimovaIA@mgsu.ru✉
[3]parhomenko_sv@mosvodokanal.ru

Аннотация. Цель работы заключается в проведении сравнения результатов расчета по классической формуле Антуана Шези и уточненной формуле Продоуса – Шлычкова. Тандем ученных утверждает, что в их формуле учитывается толщина фактического слоя отложений в лотковой части труб, в отличие от классической формулы гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения, введенной в 1769 году. Использование формулы А. Шези для гидравлического расчета новых труб из разных материалов дает достаточную практическую точность расчета *i*, однако для труб с отложениями в лотковой части исследований не проводилось. Отличительной особенностью формулы А. Шези является то, что в знаменатель входит значение приведенного диаметра труб, который и учитывает влияние толщины слоя отложений *h*. Для сравнения результатов эффективности двух формул была решена практическая задача. В ней необходимо было сравнить на конкретном примере результаты расчета гидравлического уклона *i*, подсчитанные по классической формуле А. Шези и по уточненной формуле Продоуса – Шлычкова. Анализ значений характеристик труб свидетельствует о том, что наличие слоя отложений h = 0,1 м в лотковой части труб приводит к увеличению скорости самотечного потока с $V_н$ = 0,88 м/с до $V_{пр}$ = 2,0 м/с, то есть в 2,27 раз, и гидравлического уклона с $i_н$ = 0,00282 м/м до $i_{пр}$ = 0,02527 м/м, то есть в 8,96 раз. Следовательно, введение в расчетную формулу значения $d_{пр}$ позволяет получать более точные результаты гидравлического расчета значений гидравлического уклона $i_{пр}$ для труб с отложениями в их лотковой части. Приведен пример гидравлического расчета труб с отложениями и построены графики зависимости гидравлического уклона от фактической скорости потока. Полученные расчетные значения сведены в таблицу зависимости характеристик труб от различной скорости самотечного потока. Было рекомендовано внесение уточненной формулы А. Шези в требования нормативного стандарта СП 32.13330.2012.

Ключевые слова: самотечные сети водоотведения, гидравлический расчет, расчетные зависимости, уточнения, скорость самотечного потока

Для цитирования: Малышева А. А., Абросимова И. А., Пархоменко С. В. Сравнение результатов расчета гидравлического уклона самотечных сетей водоотведения по классической и уточненной формуле А. Шези // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 638–645. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-638-645.

Original article

Comparison of calculation results on a hydraulic slope in gravity drainage networks using classical and refined A. Chézy formula

Anna A. Malysheva[1], Ivanna A. Abrosimova[2]✉, Sergey V. Parhomenko[3]
[1,2]Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia
[3]Capital Construction Department of JSC "Mosvodokanal", Moscow, Russia
[1]MalyshevaAA@mgsu.ru
[2]AbrosimovaIA@mgsu.ru✉
[3]parhomenko_sv@mosvodokanal.ru

Abstract. In the present work, we compare the calculation results by the classical Antoine Chézy formula and refined Prodous - Shlychkov formula. Unlike the classical formula for the hydraulic calculation of gravity drainage networks introduced in 1769, the new formula includes the thickness of an actual deposit layer in pipe water troughs. Using the A. Chézy formula for the hydraulic calculation of new pipes made of different materials provides sufficient practical accuracy; however, no studies have been performed for pipes with deposits in the water troughs. The Chézy formula is characterized by the denominator having the reduced pipe diameter, which takes into account the effect of the thickness *h* associated with a sediment layer. To compare the precision of the two formulas, a practical problem should be solved. For that, a specific example is necessary to compare the calculation results of hydraulic slope *i*, obtained using the classical Chézy formula and refined Prodous - Shlychkov formula. Analysis of the values of pipe characteristics indicates that the presence of a deposit layer *h* = 0.1 m in the water troughs leads to an increase in the gravity flow rate from V_n = 0.88 m/s to V_{pr} = 2.0 m/s (2.27 times) and the hydraulic slope from i_n = 0.00282 m/m to i_{pr} = 0.02527 m/m (8.96 times). Therefore, introducing the d_{pr} value to the formula allows more accurate results in the hydraulic calculation of the hydraulic slope i_{pr} to be obtained for pipes with deposits in their water troughs. An example of hydraulic calculation for pipes with deposits and the dependency graph of the hydraulic slope as a function of the actual flow rate are provided. The obtained values are summarised in a table with pipe characteristics depending on different gravity flow rates. It is recommended to introduce the refined A. Chézy formula to the normative standard RR 32.13330.2012.

Keywords: gravity drainage networks, hydraulic calculation, calculated dependencies, clarifications, gravity flow rate

For citation: Malysheva A. A., Abrosimova I. A., Parhomenko S. V. Comparison of calculation results on a hydraulic slope in gravity drainage networks using classical and refined A. Chézy formula. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):638-645. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-638-645.

Введение

Более 250 лет (с 1769 г.) для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения в европейских странах и в России используется формула Антуана Шези [1, 2], имеющая вид:

$$V = C\sqrt{R \cdot i}\text{, м/с,} \quad (1)$$

где *V* – скорость самотечного потока, м/с; *C* – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние шероховатости стенок труб и значений характеристик сточной жидкости (вязкость, температуру, наличие взвеси и др.) на величину потерь по длине трубопровода; *R* – гидравлический радиус, м, $R = \frac{d_{\text{вн}}}{4}$; *i* – гидравлический уклон, м/м (мм/м).

Формула (1) имеет широкое применение на практике, однако она не учитывает изменений скорости потока *V* при образовании слоя отложений *h* в лотковой части труб (рис. 1).

Методы

Использование формулы А. Шези (1) для гидравлического расчета новых труб из разных материалов дает достаточную практическую точность расчета *i*, однако для труб с отложениями в лотковой части исследований не проводилось [1, 2].

В 2021 году профессором О. А. Продоусом и доцентом Д. И. Шлычковым была предложена и опубликована расчетная зависимость, учитывающая при расчете значений гидравлического уклона *i* в трубах с отложениями толщину фактического слоя отложений *h* [3, 4]. Формула Продоуса – Шлычкова имеет вид:

$$i_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot V_{\text{пр}}^2}{C_{\text{пр}}^2 \cdot d_{\text{пр}}}\text{, м/м,} \quad (2)$$

где $V_{пр}$ – скорость установившегося потока, м/с; $C_{пр}$ – коэффициент А. Шези, определяемый по формуле [4] для условий наличия слоя отложений в лотковой части труб:

$$C_{\text{пр}} = \frac{R_{\text{пр}}^y}{h}\text{,} \quad (3)$$

y – показатель степени, определяемый по уточненной акад. Н.Н. Павловским формуле:

$$y \cong 1{,}5\sqrt{n}\text{,} \quad (4)$$

n – коэффициент шероховатости стенок труб. Для практических расчетов принимают значение *n* в диапазоне значений величин:

n = 0,012÷0,014; $d_{пр}$ – приведенный внутренний диаметр (рис. 1), определяемый по формуле:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\left(d_{\text{н}} - 2S_{\text{р}}\right)^2 - (d_{\text{вн}} - h)^2}\text{, м.} \quad (5)$$

Отличительной особенностью формулы (2) является то, что в знаменатель входит значение приведенного диаметра труб, который и учитывает влияние толщины слоя отложений h (рис. 1) [5].

Результаты и их обсуждение

Сравним на конкретном примере результаты расчета гидравлического уклона i, подсчитанные по классической формуле А. Шези (1) и по уточненной формуле Продоуса – Шлычкова (2).

Условия задачи

По самотечной сети из стеклопластиковых труб диаметром 400 мм SDR 17 (ГОСТ32415–2013) перемещается расход бытовых сточных вод q = 110 л/с (0,11 м^3/с) [6, 7].

Температура стоков t = 12 ◦ С. Количество взвешенных веществ ВВ = 360 мг/л.

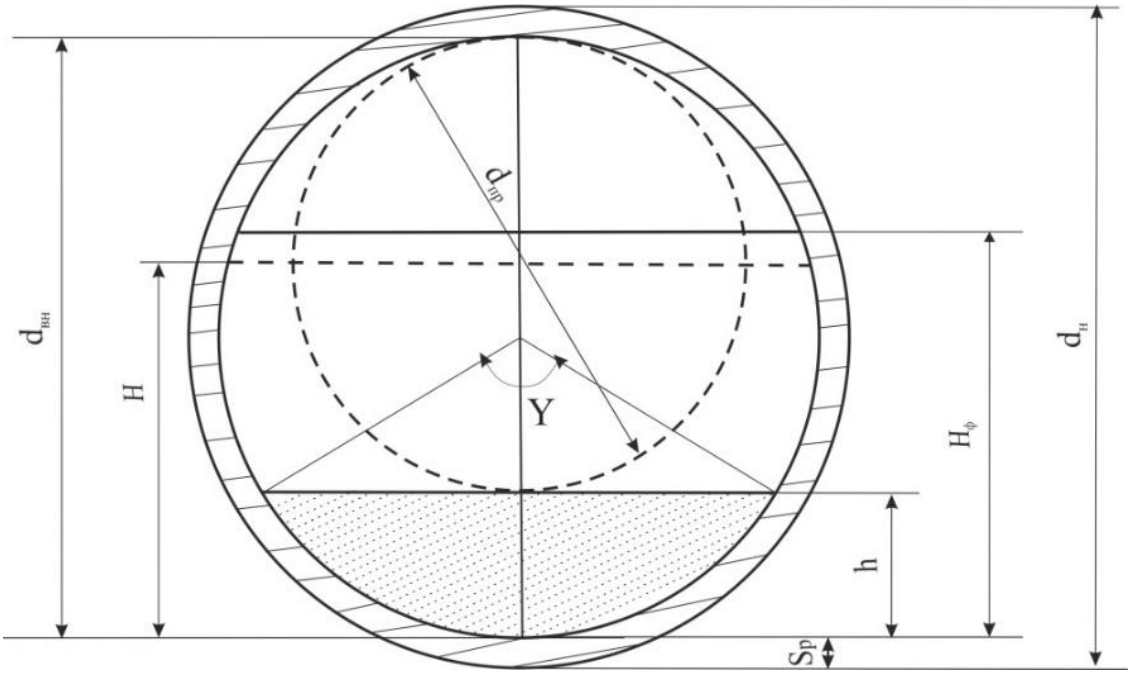


Рис. 1. Геометрические параметры самотечного потока в сетях водоотведения:
$d_н$ – наружный диаметр; $d_{вн}$ – внутренний диаметр; $S_р$ – толщина стенки трубы;
h – толщина слоя отложений; H – высота столба жидкости в новой трубе;
$H_ф$ – фактическая высота наполнения в трубе с отложениями;
Y – угол между хордами, ограничивающими область между поверхностью осадка и центром трубы

Fig. 1. Geometric parameters of gravity flow in sewerage networks:
$d_н$ - outer diameter; $d_{вн}$ - inner diameter; $S_р$ - pipe wall thickness;
h - the thickness of the sediment layer; H - the height of the liquid column in the new pipe;
H_{ph} - the actual filling height in the pipe with deposits;
Y - the angle between the chords bounding the boundaries of the sediment surface with the center of the pipe

Сравнить значения i, полученные по формуле (1) и уточненной формуле (2). Построить графики зависимости $i_н = f(V_н)$ и $i_{пр} = f(V_{пр})$ для условий задачи.

Решение

Расчет значений i по формулам (1) и (2) идентичен. Однако их отличием является то, что в состав формулы (2) вместо $d_{вн}$ входит показатель $d_{пр}$, учитывающий влияние толщины слоя отложений h.

Определяют значение $V_н$ для новой трубы и трубы со слоем отложений при условии h = 0,1 м, $V_{пр}$ из стеклопластика:

$$V_{\text{н}} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}\text{, м/с ;}$$

$$V_{\text{н}} = \frac{4 \cdot 0{,}11}{3{,}14 \cdot 0{,}4^2} = \frac{0{,}44}{0{,}5024} = 0{,}88 \text{ м/с;}$$

$$V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{\text{пр}}^2}\text{, л/с.}$$

По формуле (5) находят значение $d_{пр}$:

$$d_{пр} = \sqrt{(0{,}4474 - 2 \cdot 0{,}02\,37)^2 - (0{,}4 - 0{,}1)^2} =$$
$$= \sqrt{0{,}4^2 - 0{,}3^2} = \sqrt{0{,}16 - 0{,}09} = \sqrt{0{,}07} = 0{,}265 \text{ м.}$$

$$* \; d_н = d_{вн} + 2S_p = 0{,}4 + 2 \cdot 0{,}0237 = 0{,}4474 \text{ м.}$$

$$V_{пр} = \frac{4 \cdot 0{,}11}{3{,}14 \cdot 0{,}265^2} = \frac{0{,}44}{0{,}2205} \cong 2{,}0 \quad \text{м/с.}$$

По формуле Р. Маининга [2], имеющей вид (для расчетов принимают n = 0,013):

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} = \frac{\left(\frac{d_{вн}}{4}\right)^{0{,}167}}{0{,}013},$$

определяют значение коэффициентов А. Шези:

$$C_н = \frac{0{,}1^{0{,}167}}{0{,}013} = \frac{0{,}6808}{0{,}013} = 52{,}37.$$

$$C_{пр} = \frac{\left(\frac{d_{пр}}{4}\right)^{0{,}167}}{0{,}013} = \frac{\left(\frac{0{,}265}{4}\right)^{0{,}167}}{0{,}013} =$$
$$= \frac{0{,}06625^{0{,}167}}{0{,}013} = \frac{0{,}6355}{0{,}013} = 48{,}88\,.$$

По формуле (2) вычисляют значения гидравлического уклона $i_н$ и $i_{пр}$:

$$i_н = \frac{4 \cdot V_н^2}{C_н^2 \cdot d_{вн}} = \frac{4 \cdot 0{,}88^2}{52{,}37^2 \cdot 0{,}4}$$
$$= \frac{3{,}0976}{1097{,}05} = 0{,}00282 \text{м/м;}$$

$$i_{пр} = \frac{4 \cdot V_{пр}^2}{C_{пр}^2 \cdot d_{пр}} = \frac{4 \cdot 2{,}0^2}{48{,}88^2 \cdot 0{,}265}$$
$$= \frac{16}{633{,}15} = 0{,}02527 \text{ м/м.}$$

Таблица 1. Значения характеристик труб при разной скорости самотечного потока
Table 1. Values of pipe characteristics at different rates of gravity flow

Гидравлические характеристики труб	Скорость потока, $V_н$, м/с						
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Новые трубы из стеклопластика							
$d_{вн}$, м	0,4						
$C_н$	52,37						
$i_н$, м/м	0,00091	0,00365	0,01458	0,03282	0,05834	0,09115	0,13126
Трубы с толщиной слоя отложений h = 0,1 м							
$d_{пр}$, м	0,265						
$C_{пр}$	48,88						
$i_{пр}$, м/м	0,00158	0,00632	0,02527	0,05685	0,10108	0,15794	0,22743

Результаты расчетов по формулам (1) ÷ (5) сводят в табл. 1 для построения графиков зависимостей $i = f(V)$ для новых труб и труб с толщиной слоя отложений h = 0,1 м.

Анализ значений характеристик труб, приведенных в табл. 1, свидетельствует о том, что наличие слоя отложений h = 0,1 м в лотковой части труб приводит к увеличению скорости самотечного потока с $V_н$ = 0,88 м/с до $V_{пр}$ = 2,0 м/с, то есть в 2,27 раза, и гидравлического уклона с $i_н$ = 0,00282 м/м до $i_{пр}$ = 0,02527 м/м, то есть в 8,96 раз [8].

Следовательно, введение в расчетную формулу (2) значения $d_{пр}$, рассчитываемого по формуле (5), позволяет получать более точные результаты гидравлического расчета значений гидравлического уклона $i_{пр}$ для труб с отложениями в их лотковой части [9].

По данным табл. 1 на рис. 2 приведены графики зависимостей $i_н = f(V_н)$ и $i_{пр} = f(V_{пр})$, подтверждающие сделанный вывод. Расхождение значений $i_н$ и $i_{пр}$ является следствием влияния слоя отложений h в лотковой части труб. Чем больше значение h, тем больше значения самотечной скорости потока $V_{пр}$ и гидравлического уклона $i_{пр}$. Для приведенного примера расхождение значений $V_н$ и $V_{пр}$ при скорости потока $V_н$ = 1,0 м/с следующее (табл. 1):

$$V_н = 1{,}0 \text{ м/с}, \quad V_{пр} = 2{,}0 \text{ м/с},$$

то есть отличаются в два раза.

Соответственно:

$$i_н = 0{,}00282 \text{ м/м} < i_{пр} = 0{,}02527 \text{ м/м},$$

то есть отличаются в 8,96 раз.

Поэтому расчетная формула (2) учитывает влияние толщины слоя отложений в лотковой части труб и существенно уточняет их гидравлический расчет [10].

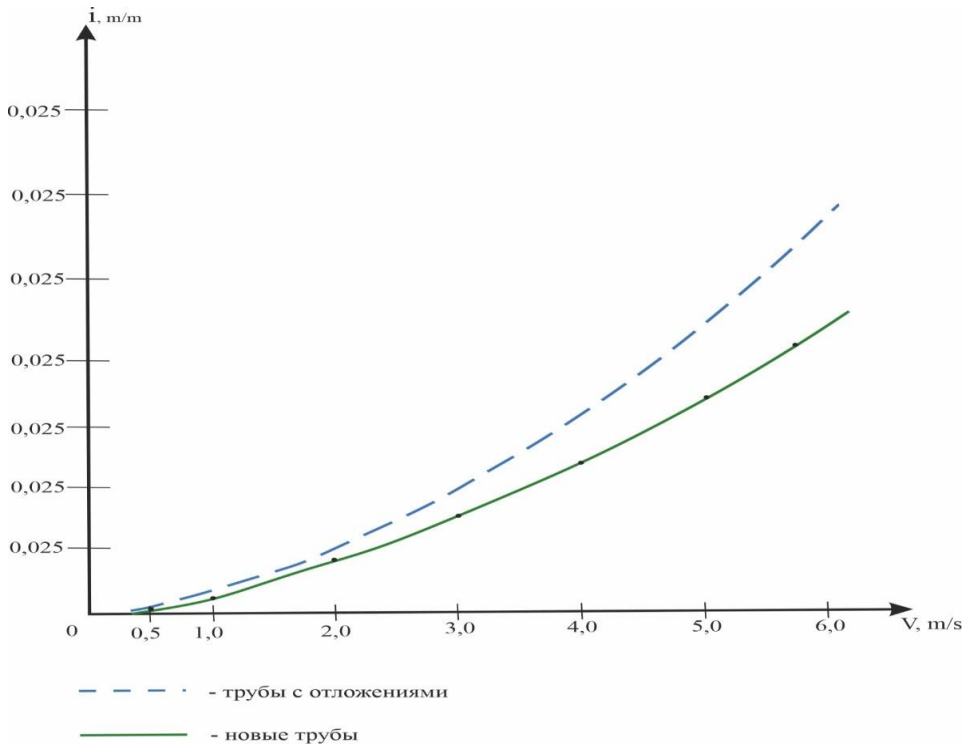


Рис. 2. Графики зависимостей $i = f(V_н)$ и $i_{пр} = f(V_{пр})$
Fig. 2. Depending graph $i = f(V_н)$ и $i_{пр} = f(V_{пр})$

Заключение

Сравнение результатов гидравлического расчета труб по классической формуле Шези (1) и уточненной формуле Продоуса – Шлычкова (2) позволяет рекомендовать внесение последней в требования нормативного стандарта СП 32.13330.2012, так как она значительно уточняет гидравлический расчет самотечных сетей водоотведения с внутренними отложениями [11, 12]. Также полученные результаты могут быть использованы при внесении изменений в перечень наилучших доступных технологий строительного комплекса, что приведет к усовершенствованию методов автоматизированного интеллектуализированного анализа данных технологий [13].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воинцева И. И., Новиков М. Г., Продоус О. А. Продление периода эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения из стальных и чугунных труб // Инженерные системы. АВОК – Северо-Запад. 2019. № 1. С. 44–47.
2. Федоров Н. Ф., Волков Л. Е. Гидравлический расчет канализационных сетей. 4-е изд., испр. М.: Стандарт, 1968. 252 с.
3. Продоус О. А. Зависимость продолжительности исследования металлических трубопроводов водоснабжения от толщины слоя отложений на внутренней поверхности труб // Сборник докладов XV Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С. В. Яковлева (г. Москва, 19 марта 2020). Москва: МИСИ – МГСУ, 2020. С. 113–117.
4. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Об изменении значений гидравлических характеристик напорных канализационных коллекторов из стальных и чугунных труб с внутренними отложениями // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2020. № 12 (744). С. 70–77. https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-744-12-70-77.
5. Орлов В. А. Энергосбережение как результат реконструкции водопроводных сетей бестраншейными методами // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: сборник докладов Первой Национальной конференции (г. Москва, 30 сентября 2020 года). М., 2020. С. 866–870.
6. Чупин Р. В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2015. 418 с.

7. Schwermer C. U., Uhl W. Calculating expected effects of treatment effectivity and river flow rates on the contribution of WWTP effluent to the ARG load of a receiving river // Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 288. p. 112445. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445.
8. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справ. пособ. М.: Издательский дом «Бастет», 2014. 382 с.
9. Мохов А. И. Отличие системного и комплексного подходов в научных исследованиях // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество: ежегодник. 2019. С. 520–527.
10. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Сравнительный анализ расчетных зависимостей для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 3. С. 462–469. https://doi.org/10/21285/2227-2917-2021-3-462-469.
11. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency // Opcion. 2019. Vol. 35. № SpecialEdition24. p. 1626-1636.
12. Мохов А. И., Душкин Р. В. Функциональный подход к интеллектуализации объектов на основе комплексотехники // E-Management. 2020. Т. 3. № 4. С. 13–25. https://doi.org/10.26425/2658-3445-2020-3-4-13-25.
13. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Уточненная формула А. Шези для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения в лотковой части труб [Электронный ресурс] // Интеллектуальный марафон в области водоснабжения и водоотведения: сборник докладов участников интеллектуального марафона в области водоснабжения и водоотведения среди молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Москва, 9 сентября 2021 г.). М.: МИСИ – МГСУ, 2021. С. 56–60. URL: http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/ (16.09.2021).

REFERENCES

1. Vointseva II, Novikov MG, Prodous OA. Extension of the period of operation of pipelines of water supply systems made of steel and cast iron pipes. *Inzhenernye sistemy. AVOK – Severo-Zapad*. 2019;1:44-47. (In Russ.).
2. Fedorov NF, Volkov LE. Hydraulic calculation of sewer networks. 4th edition, revised. Moscow: Standard; 1968. 252 p. (In Russ.).
3. Prodous OA. Dependence of the duration of the study of metal water supply pipelines on the thickness of the sediment layer on the inner surface of the pipes. *Sbornik dokladov XV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati akademika RAN S.V. Yakovleva* (Moscow, 19 March 2020). Moscow: MISI – MGSU, 2020. p. 113-117. (In Russ.).
4. Prodous OA, Shlychkov DI. On the change in the values of the hydraulic characteristics of pressure sewer headers made of steel and cast iron pipes with internal deposits. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo = News of higher educational institutions. Construction*. 2020;12(744):70-77. https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-744-12-70-77. (In Russ.).
5. Orlov VA. Energy saving as a result of reconstruction of water supply networks by trenchless methods. *Aktual'nye problemy stroitel'noi otrasli i obrazovaniya: cbornik dokladov Pervoi Natsional'noi konferentsii* (Moscow, 30 September 2020). Moscow, 2020. p. 866-870. (In Russ.).
6. Chupin RV. Optimization of developing drainage systems: monograph. Irkutsk: ISTU; 2015. 418 p.
7. Schwermer CU, Uhl W. Calculating expected effects of treatment effectivity and river flow rates on the contribution of WWTP effluent to the ARG load of a receiving river. *Journal of Environmental Management*. 2021;288:112445. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445.
8. Shevelev FA, Shevelev AF. Tables for hydraulic calculation of water pipes. Reference manual. M.: Publishing House "Bastet", 2014. 382 p.
9. Mokhov AI. Difference between systemic and integrated approaches in scientific research. *Greater Eurasia: Development, Security, Cooperation: Yearbook*. 2019. p. 520-527. (In Russ.).
10. Prodous OA, Shlychkov DI. Comparative analysis of empirical dependencies for hydraulic calculation of wastewater gravity flow network. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(3):462-469. (In Russ.). https://doi.org/10/21285/2227-2917-2021-3-462-469.

11. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency. *Opcion*. 2019;35(Special Edition24):1626-1636.
12. Mokhov AI, Dushkin RV. Functional approach to object intellectualization based on complex engineering. *E-Management*. 2020;3(4):13-25. https://doi.org/10.26425/2658-3445-2020-3-4-13-25.
13. Prodous OA, Shlychkov DI. The refined formula of A. Shezy for the hydraulic calculation of gravity drainage networks in the chute part of the pipes. *Intellektual'nyi marafon v oblasti vodosnabzheniya i vodootvedeniya: sbornik dokladov uchastnikov intellektual'nogo marafona v oblasti vodosnabzheniya i vodootvedeniya sredi molodykh uchenykh, aspirantov i studentov* (Moscow, 9th September 2021). Moscow: MISI – MGSU; 2021. p. 56-60. Available from: http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa [Accessed 16th September 2021]. (In Russ.).

Информация об авторах

А. А. Малышева,
доцент, кандидат технических наук,
доцент кафедры газоснабжения и вентиляции,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1026-9292

И. А. Абросимова,
преподаватель кафедры автоматизации и электроснабжения,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4207-4449

С. В. Пархоменко,
заместитель директора – главный инженер,
Управление капитального строительства АО «Мосводоканал»,
105005, г. Москва, Плетешковский пер., 2, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2514-8629

Information about the authors

Anna A. Malysheva,
Associate Professor, Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor Housing and Utility Complex Department,
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1026-9292

Ivanna A. Abrosimova,
Lecturer of the Department of Automation and Electric Supply,
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4207-4449

Sergey V. Parkhomenko,
Deputy Director - Chief Engineer,
Capital Construction Department of Mosvodokanal JSC,
2 Pleteshkovsky per., Moscow, 105005, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2514-8629

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 18.10.2021.
Одобрена после рецензирования 19.11.2021.
Принята к публикации 22.11.2021.

The article was submitted 18.10.2021.
Approved after reviewing 19.11.2021.
Accepted for publication 22.11.2021.

Научная статья
УДК 628.22:532.5.013
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653

Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб

Олег Александрович Продоус[1], Дмитрий Иванович Шлычков[2]✉
[1]ООО «ИНКО-эксперт», г. Санкт-Петербург, Россия, pro@enco.su
[2]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия, ShlyichkovDI@mgsu.ru✉

Аннотация. Цель работы заключается в выведении и уточнении расчетной формулы для прогнозирования продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб. По мнению авторов, в основу прогнозирования возможности дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения должен быть заложен гидравлический принцип оценки эффективности их работы, как наиболее точный. Для этого было введено понятие эффективности работы самотечной сети водоотведения и предложен критерий ее оценки. В работе представлен пример расчета характеристик гидравлического потенциала бетонных труб диаметром 400 мм. Предложена расчетная зависимость для определения значений коэффициента эффективности работы самотечной сети водоотведения и показан диапазон его колебаний. Был сделан вывод, что экспертное прогнозирование возможности дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения должно осуществляться по величине значения коэффициента эффективности работы сети, вычисляемого по формуле, приведенной в статье. Рекомендована разработка методики расчета значений коэффициента эффективности работы сети водоотведения и специальных таблиц для гидравлического расчета труб с разной толщиной слоя отложений. Приведенные в статье материалы обеспечивают организациям, эксплуатирующим самотечные сети водоотведения, возможность повышения уровня эксплуатации сетей за счет прогнозирования возможности ее продолжения по значению величины коэффициента эффективности работы данных сетей $K_{эф}$.

Ключевые слова: самотечные сети водоотведения, слой отложений, гидравлический расчет, коэффициент эффективной работы, методика, таблицы

Для цитирования: Продоус О. А., Шлычков Д. И. Прогнозирование возможности продолжения эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 646–653. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653.

Original article

Forecasting continued operation of gravity drainage networks with deposits in pipe water troughs

Oleg A. Prodous[1], Dmitriy I. Shlychkov[2]✉
[1]INCO-Expert LLC, St. Petersburg, Russia, pro@enco.su
[2]Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia, ShlyichkovDI@mgsu.ru✉

Abstract. In this work, the formula for forecasting the continued operation of gravity drainage networks with deposits in pipe water troughs is deduced and refined. In the authors' opinion, such a forecast should be based on the hydraulic principle for assessing the efficiency of a network operation, as the most accurate. To this end, the concept associated with the efficiency of gravity drainage networks was introduced, and a criterion for its assessment was proposed. In the study, the characteristics of hydraulic potential for concrete pipes with a diameter of 400 mm were calculated as an example. An empirical formula was proposed for determining the efficiency factor of the gravity drainage network, and its deviation range was shown. It was concluded that the expert prognosis of continued operation

of gravity drainage networks should be based on the efficiency factor of the network, calculated using the obtained formula. It is recommended that a method for calculating an efficiency factor describing gravity drainage networks and special tables for the hydraulic calculation of pipes having a sediment layer of different thicknesses be elaborated. The data presented in the article allow servicing of gravity drainage network to be improved by forecasting its continued operation using the efficiency factor K_{ef}.

Keywords: gravity drainage networks, sediment layer, hydraulic calculation, efficiency factor, methodology, tables

For citation: Prodous O. A., Shlychkov D. I. Forecasting continued operation of gravity drainage networks with deposits in pipe water troughs. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):646-653. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-646-653.

Введение

Самотечные сети водоотведения, как правило, работают при установившемся равномерном режиме движения сточных вод, при котором, в зависимости от скорости потока, в лотковой части труб возможно образование слоя отложений (рис. 1).[1]

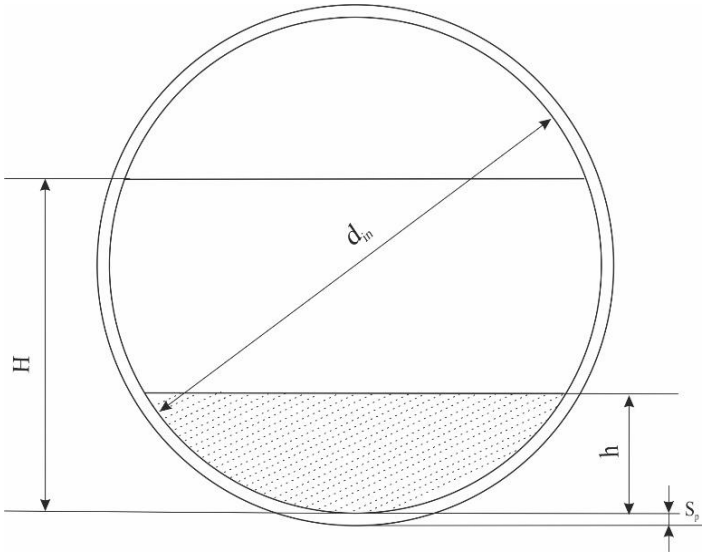


Рис. 1. Геометрические параметры потока в самотечных сетях водоотведения
Fig. 1. Geometric parameters of the flow in gravity drainage networks

Толщина слоя *h* зависит от режима движения стоков и от состава сточных вод. Чем меньше фактическая скорость потока, тем больше толщина этого слоя и тем больше сопротивление движению, то есть больше значение величины потерь напора – гидравлического уклона [1].

Поэтому требуется прогнозирование скоростных режимов потока в трубах из разных материалов с разной толщиной слоя *h*, обеспечивающих удлинение периода образования этого слоя для обоснования графиков проведения гидродинамической очистки сетей водоотведения и оценки возможности продолжения их дальнейшей эксплуатации [2].

Методика оценки продолжительности использования металлических сетей водоснабжения и водоотведения уже разработана, однако эта методика касается только сетей водоснабжения из стали и серого чугуна [3].

В сетях водоотведения бытовых сточных вод широко используются трубы из следующих видов инертных материалов: бетона, железобетона, полиэтилена, поливинилхлорида и стеклопластика. Трубы из чугуна (в т.ч. из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом) нами рассматриваться не будут.

[1]Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справ. пособ. М.: Издательский Дом «Бастет», 2014. 382 с.

Методы

По мнению авторов, в основу прогнозирования возможности дальнейшей эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб должен быть заложен *гидравлический принцип оценки эффективности их работы*, как наиболее точный [4].

Введем понятие «эффективность работы самотечной сети водоотведения».

Эффективно работающей считается сеть водоотведения, характеризуемая:

– минимальной скоростью самоочищения – V_{min};

– минимальными потерями напора на преодоление сопротивлений по длине – минимальным гидравлическим уклоном i_{min};

– требуемым наполнением в трубах – $\frac{H}{d_{\text{вн}}}$.

Оценка величин значений перечисленных параметров является основанием для разработки прогноза дальнейшего использования сети и технологических мероприятий, обеспечивающих изменение значений параметров эксплуатации [1]. Целью прогнозирования возможности продолжения дальнейшей эксплуатации сети является:

– разработка графиков гидродинамической очистки сети;

– планирование финансовых затрат предприятий, эксплуатирующих самотечную сеть водоотведения [5].

Поэтому необходимо предложить критерий, по которому можно производить прогноз возможности продолжения дальнейшей эксплуатации сети.

Таким критерием является коэффициент эффективности работы сети водоотведения, который характеризует гидравлическую эффективность ее работы, то есть:

$$\text{К}_{\text{эф}} = \frac{i_{\text{н}} \cdot V_{\text{н}} \cdot (d_{\text{вн}}^{\text{н}})^2}{i_{\text{пр}} \cdot V_{\text{пр}} \cdot (d_{\text{пр}})^2}, \quad (1)$$

где $V_н$ – скорость потока в новой трубе (по проекту), м/с; $d_{\text{вн}}^{\text{н}}$ – внутренний диаметр новой трубы из конкретного вида материала, м; $i_н$ – гидравлический уклон сети по проекту, м/м; $V_{пр}$ – приведенная скорость потока в трубе со слоем отложений h, м/с; $d_{пр}$ – приведенный диаметр труб, м; $i_{пр}$ – приведенный гидравлический уклон, м/м.

Совокупность значений параметров V, $d_{вн}$, i называют гидравлическим потенциалом самотечной сети водоотведения. В работе [6] приведены расчетные зависимости для определения значений перечисленных параметров.

Считается, что величина $K_{эф}$ может изменяться в диапазоне значений от 0 до 1: $0 \geq K_{эф} \leq 1$. При этом для новых труб $K_{эф} = 1$. Чем больше толщина слоя отложений h, тем меньше значение величины $K_{эф}$.

Для разных диаметров труб требуется устанавливать предельные значения h, при которых дальнейшая эксплуатация сети недопустима без проведения ее гидродинамической очистки.

Для этого на конкретном примере проведем расчет значений характеристик гидравлического потенциала труб с толщиной слоя отложений h = 1 см (0,01 м), 3 см (0,03 м), 5 см (0,05 м), 7 см (0,07 м) и 10 см (0,10 м). Сеть выполнена из бетонных труб диаметром $d_{вн}$ = 400 мм (0,4 м) для транспортирования хозяйственно-бытового стока с расходом q = 0,15 м^3/с (150 л/с).

В табл. 1 для условий задачи даны значения приведенных характеристик гидравлического потенциала труб с разной толщиной слоя h и значения $K_{эф}$.

Таблица 1. Характеристики гидравлического потенциала труб
Table 1. Characteristics of the hydraulic potential of pipes

Приведенные характеристики гидравлического потенциала труб	Толщина слоя отложений, h, м				
	0,001	0,003	0,005	0,007	0,01
$V_{пр}$, м/с	1,38	1,55	1,68	1,81	1,98
$d_{пр}$, м	0,372	0,351	0,337	0,325	0,311
$i_{пр}$, м/м	0,00537	0,00549	0,00562	0,00585	0,00610
$K_{эф}$	0,61	0,59	0,58	0,56	0,53

Расчет значений приведенных характеристик гидравлического потенциала бетонных труб диаметром 400 мм (0,4 м) произведен по следующим формулам:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d_{\text{пр}}^2}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где q – заданный расход, м^3/с; $d_{пр}$ – приведенный внутренний диаметр труб, м.

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{d_{\text{вн}}^2 - d_{\text{ф}}^2}, \text{ м}, \quad (3)$$

где $d_{вн}$ – внутренний диаметр новой трубы без отложений, м; $d_ф$ – фактический внутренний диаметр новой трубы с отложениями, м,

$$d_ф = d_{вн} - h, \text{ м}, \quad (4)$$

где h – толщина слоя отложений в лотковой части трубы, м.

Смысл понятия $d_{пр}$ раскрыт в работе [6].

Результаты и их обсуждение

Анализ табличных значений (табл. 1) характеристик гидравлического потенциала труб ($V_{пр}$, $d_{пр}$, $i_{пр}$) свидетельствуют о том, что с ростом толщины слоя отложений h изменяется (увеличивается) приведенная скорость потока $V_{пр}$, увеличивается значение гидравлического уклона $i_{пр}$ и наполнение $\frac{H}{d_{вн}}$ в трубах и, как следствие, уменьшается площадь оставшегося пространства для пропуска неизменяющегося расхода q, зависящего от значения приведенного диаметра $d_{пр}$.

Расчетной формулой для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения является уточненная авторами данной статьи формула А. Шези, имеющая вид [6]:

$$i = \frac{4 \cdot V_{пр}^2}{C^2 \cdot d_{пр}}, \text{ м/м}, \quad (5)$$

где $V_{пр}$– приведенная скорость самотечного потока в трубе с отложениями (формула (2)), м/с; C – коэффициент А. Шези, вычисляемый по формуле:

$$C = \frac{R^y}{n}, \quad (6)$$

где R – гидравлический радиус, $R = \frac{d_{вн}}{4}$, м; y – показатель степени, вычисляемый по формуле [6]:

$$y = 1{,}5\sqrt{n};$$

n – коэффициент шероховатости. Для расчетов обычно принимают значение n = 0,013.

Расчет значений $i_н$ и $i_{пр}$ по формуле (1) позволяет определить значение $К_{эф}$ как отношение совокупности гидравлических уклонов $i_н$ и $i_{пр}$ новых труб и труб с отложениями, умноженных на скорость $V_н$ и $d_{вн}$ в квадрате и $V_{пр}$ и $d_{пр}$ в квадрате.

$$К_{эф} = \frac{i_н \cdot V_н \cdot (d_{вн}^н)^2}{i_{пр} \cdot V_{пр} \cdot (d_{пр})^2}, \quad (7)$$

где $i_н$ – гидравлический уклон новых труб без отложений, м/м; $i_{пр}$ – приведенный гидравлический уклон труб с отложениями h в лотковой части, м/м; $d_{вн}^н$ – внутренний диаметр новой трубы, м; $d_{пр}$ – приведенный диаметр трубы, м; h – толщина слоя отложений, м.

$$d_{пр} = \sqrt{d_{вн}^2 - (d_{вн} - h)^2}, \text{ м}.$$

Анализ значений $К_{эф}$, приведенных в табл. 1 для труб с разной толщиной слоя отложений, показывает, что чем меньше значение $К_{эф}$, тем больше толщина слоя h в лотковой части трубы. По величине значений $К_{эф}$ можно прогнозировать возможность продолжения дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения [7].

В табл. 2 приведены значения диапазона колебаний величин $К_{эф}$, по которым определяют (прогнозируют) возможность продолжения дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения.

Таблица 2. Диапазон изменения значений $К_{эф}$
Table 2. Range of change of K_{eff} values

Диапазон значений $К_{эф}$	Возможность продолжения дальнейшей эксплуатации сети
0,6 ≥ $К_{эф}$ ≤ 1	Возможно
0,5 ≥ $К_{эф}$ ≤ 0,6	Требуется проведение гидродинамической очистки сети
$К_{эф}$ ≤ 0,5	Сеть эксплуатировать недопустимо. Требуется проведение гидродинамической очистки сети

Таким образом, экспертное прогнозирование возможности дальнейшей эксплуатации сетей водоотведения должно осуществляться по величине значения коэффициента эффективности работы сети, вычисляемого по формуле (7). Для этого требуется:

– разработать методику (методические рекомендации) по расчету величин значений $К_{эф}$;

– разработать специальные «Таблицы для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб» [8].

В табл. 3 для условий примера представлены расчетные (по $d_{вн}$) и прогнозные (по $d_{пр}$) значения гидравлического уклона i (формула (5)), по которым на рис. 2 построены графики зависимости $i = f(h)$ при скорости потока V = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м/с для новых бетонных труб диаметром 400 мм и для тех же труб с толщиной слоя отложений h = 0,1 м.

Таблица 3. Расчетные и прогнозные значения гидравлического уклона
Table 3. The calculated and predicted values of the hydraulic slope

Характеристики труб (бетонных по ГОСТ)				
V, м/с	$d_{вн}$*, м	$d_{пр}$**, м	*C*	*i*, м/м
Новые бетонные трубы диаметром 400 мм				
0,5	0,400	–	65,77	0,00058
1,0				0,00231
1,5				0,00520
2,0				0,00925
2,5				0,01445
Бетонные трубы диаметром 400 мм с отложениями h = 0,1 м				
0,5	0,399	0,399	51,23	0,000955
1,0	0,397	0,351	50,74	0,00391
1,5	0,395	0,337	50,38	0,00898
2,0	0,393	0,325	50,07	0,01624
2,5	0,390	0,311	49,70	0,06654

* – $d_{вр} = (d_н - 2S\text{р}) - h$, м;
** – $d_{пр} = \sqrt{d_{вн}^2 - (d_{вн} - h)^2}$, м.

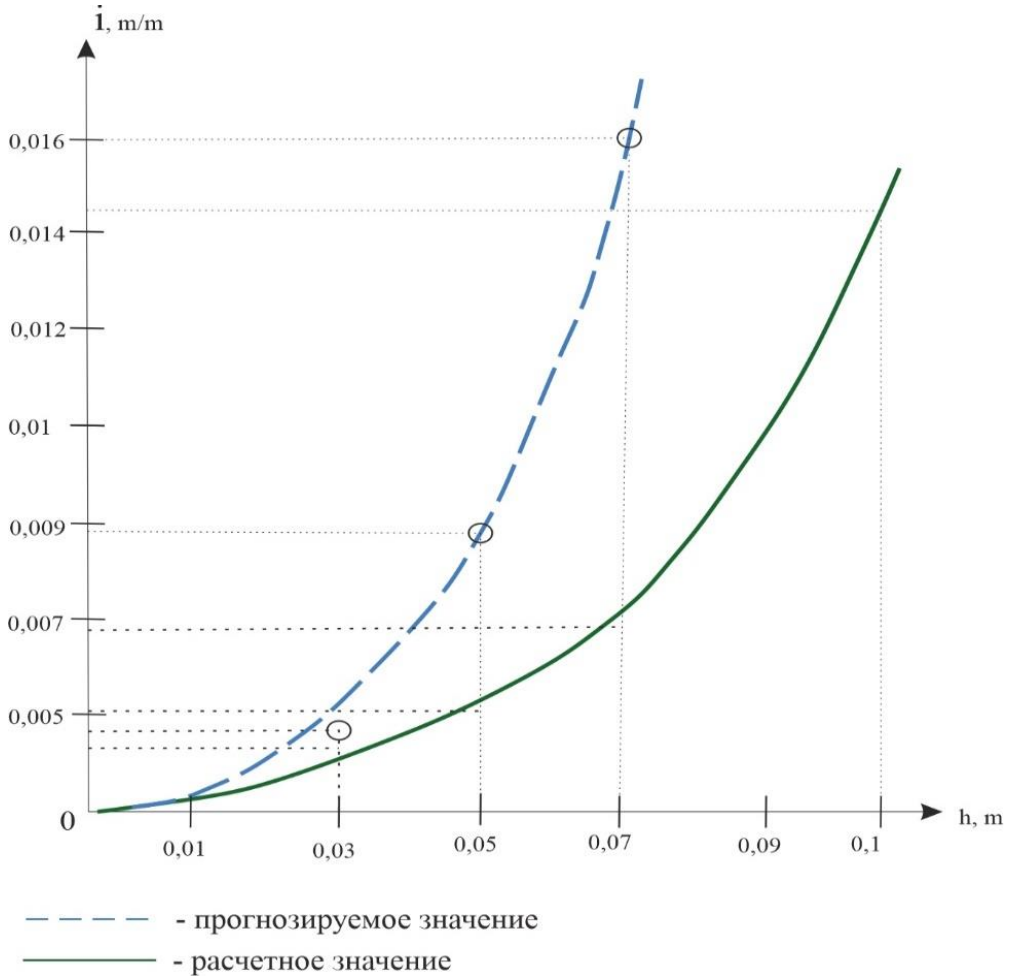


Рис. 2. Графики зависимости *i* = *f(h)* расчетных и прогнозных значений *i* для бетонных труб диаметром 400 мм с толщиной слоя отложений *h* = 0,1 м
Fig. 2. Graphs of the dependence *i* = *f(h)* of the calculated and predicted values of *i* for concrete pipes with a diameter of 400 mm with a deposit layer thickness *h* = 0.1 m

Заключение

Графики зависимости *i = f(h)*, приведенные на рис. 2, свидетельствуют о том, что прогнозирование возможности продолжения дальнейшей эксплуатации самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб обязательно и необходимо [9, 10].

Приведенные в статье материалы обеспечивают организациям, эксплуатирующим самотечные сети водоотведения, возможность повышения уровня эксплуатации сетей за счет прогнозирования возможности ее продолжения по значению величины коэффициента эффективности работы сетей водоотведения $К_{эф}$ [11].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Schwermer C. U., Uhl W. Calculating expected effects of treatment effectivity and river flow rates on the contribution of WWTP effluent to the ARG load of a receiving river // Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 288. p. 112445. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445.
2. Бляшко Я. И. Использование канализационных стоков водоканалов напорно-самотечных водоводов и сбросов ТЭЦ для выработки электрической энергии // Главный энергетик. 2020. № 6. С. 35–44.
3. Воинцева И. И., Новиков М. Г., Продоус О. А. Продление периода эксплуатации трубопроводов систем водоснабжения из стальных и чугунных труб // Инженерные системы. 2019. № 1. С. 44–47.
4. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency // Opcion. 2019. Vol. 35. № SpecialEdition24. С. 1626-1636.
5. Чупин Р. В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2015. 417 с.
6. Продоус О. А. Методика оценки продолжительности использования металлических трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2021. № 1 (157). С. 4–10.
7. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Сравнительный анализ расчетных зависимостей для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 3. С. 462–469. https://doi.org/10/21285/2227-2917-2021-3-462-469.
8. Продоус О. А., Новиков М. Г., Самбурский Г. А., Шипилов А. А., Терехов Л. Д., Якубчик П. П. и др. Рекомендации по реконструкции неновых металлических трубопроводов водоснабжения из стали и серого чугуна. СПб, М.: Свое издательство, 2021. 36 с.
9. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Уточненная формула А. Шези для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с отложениями в лотковой части труб // Интеллектуальный марафон в области водоснабжения и водоотведения: сб. докладов участников интеллектуального марафона в области водоснабжения и водоотведения среди молодых ученых, аспирантов и студентов (Москва, 09 сентября 2021 г.). М.: МИСИ – МГСУ, 2021. С. 56–60.
10. Орлов В. А. Энергосбережение как результат реконструкции водопроводных сетей бестраншейными методами // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: сб. докладов Первой Национальной конференции (Москва, 30 сентября 2020 г.). М., 2020. С. 866–870.
11. Продоус О. А., Шлычков Д. И. Об изменении значений гидравлических характеристик напорных канализационных коллекторов из стальных и чугунных труб с внутренними отложениями // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2020. № 12 (744). С. 70–77. https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-744-12-70-77.

REFERENCES

1. Schwermer CU, Uhl W. Calculating expected effects of treatment effectivity and river flow rates on the contribution of WWTP effluent to the ARG load of a receiving river. *Journal of Environmental Management*. 2021;288:112445. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112445.
2. Blyashko YaI. Use of sewage effluents of water utilities, pressure-gravity water conduits and discharges of a thermal electric power plant to generate electrical energy. *Glavnyi energetik*. 2020;6:35-44. (In Russ.).
3. Vointseva II, Novikov MG, Prodous OA. Extension of the period of operation of pipelines of water supply systems made of steel and cast iron pipes. *Inzhenernye sistemy*. 2019;1:44-47. (In Russ.).

4. Shlychkov D. Energy-saving as an integral part of technical and economic efficiency. Opcion. 2019;35(SpecialEdition24):1626-1636.
5. Chupin RV. Optimization of developing drainage systems: monograph. Irkutsk: ISTU; 2015. 418 p. (In Russ.).
6. Prodous OA. Methodology for assessing the continued use of metal pipelines in water supply and drainage systems. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*. 2021;1(157):4-10. (In Russ.).
7. Prodous OA, Shlychkov DI. Comparative analysis of empirical dependencies for hydraulic calculation of wastewater gravity flow network. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(3):462-469. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-462-469.
8. Prodous OA, Novikov MG, Samburskiy GA, Shipilov AA, Terekhov LD, Yakubchik PP, et al. Recommendations for the reconstruction of new metal water supply pipelines made of steel and gray cast iron. Saint Petersburg, Moscow: Svoe izdatel'stvo; 2021. 36 p. (In Russ.).
9. Prodous OA, Shlychkov DI. The refined formula of A. Shezy for the hydraulic calculation of gravity drainage networks in the chute part of the pipes. *Intellektual'nyi marafon v oblasti vodosnabzheniya i vodootvedeniya: sb. dokladov uchastnikov intellektual'nogo marafona v oblasti vodosnabzheniya i vodootvedeniya sredi molodykh uchenykh, aspirantov i studentov* (Moscow, 09th September 2021). Moscow: MISI – MGSU; 2021. p. 56-60. (In Russ.).
10. Orlov VA. Energy saving as a result of reconstruction of water supply networks by trenchless methods. *Aktual'nye problemy stroitel'noi otrasli i obrazovaniya: cb. dokladov Pervoi Natsional'noi konferentsii* (Moscow, 30th September 2020). Moscow, 2020. p. 866-870. (In Russ.).
11. Prodous OA, Shlychkov DI. On the change in the values of the hydraulic characteristics of pressure sewer headers made of steel and cast iron pipes with internal deposits. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo = News of higher educational institutions. Construction*. 2020;12(744):70-77. (In Russ.). https://doi.org/10.32683/0536-1052-2020-744-12-70-77.

Информация об авторах

О. А. Продоус,
доктор технических наук,
генеральный директор,
ООО «ИНКО-эксперт»,
190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, 37/1А, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0389-3695

Д. И. Шлычков,
кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0210-2695

Information about the authors

Oleg I. Prodous,
Dr. Sci. (Eng.), General Director,
INCO-Expert LLC,
37/1A Moskovsky Av., St. Petersburg, 190005, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0389-3695

Dmitriy Iv. Shlychkov,
Cand. Sci (Eng.), Associate Professor of the Department of Water Supply and Water Disposal,
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0210-2695

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 19.10.2021.
Одобрена после рецензирования 22.11.2021.
Принята к публикации 23.11.2021.

The article was submitted 19.10.2021.
Approved after reviewing 22.11.2021.
Accepted for publication 23.11.2021.

Научная статья
УДК 691.33
http://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-654-661

Высокоэффективный тяжелый бетон с использованием углеродсодержащего модификатора

Ольга Игоревна Селезнёва[1]✉, Виктор Сергеевич Орлов[2], Павел Александрович Шустов[3]
[1,2]Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия
[3]Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Россия
[3]Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
[1]sel__olga@mail.ru✉
[2]orlovvs1@tyuiu.ru
[3]shustovpa@mail.ru

Аннотация. Актуальной задачей строительной индустрии является снижение расхода цемента в производстве бетонных смесей. Цель исследования заключается в оптимизации структуры бетонного камня путем подбора гранулометрического состава компонентов, вплоть до наноразмерных величин. К подобным микронаполнителям относятся микрокремнезем, метакаолин, золы, нанографит/графен и т.д. Перспективным направлением является получение добавок комплексного действия – обладающих пластифицирующей способностью, а также содержащих в своем составе тонкодисперсные наполнители, образующие соединения с вяжущими свойствами. При помощи ультразвуковой ванны с генератором мощностью 80 Вт была выполнена диспергация в водной среде терморасширяющегося графита и его ультразвуковая обработка. Анализ гранулометрического состава графитсодержащей суспензии проводился на лазерном дифракционном приборе измерения размера частиц *FritschNanoTec* с блоком диспергирования в жидкой среде (диапазон измерения от 0,01 до 2100 мкм). Микроскопическое исследование проводилось с применением сканирующего (растрового) электронного микроскопа *TESCAN Mira 3* с диапазоном увеличения до 1 000 000 крат. В статье приведены данные исследований физико-механических характеристик тяжелого бетона с введением модифицированного окисленного терморасширяющегося графита. Представлены результаты микроскопического анализа и изучения гранулометрического состава графитсодержащей суспензии. Проведенные исследования свидетельствуют об эффективности ультразвуковой обработки графитсодержащей суспензии и ее влиянии на прочностные характеристики бетона. Представленные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения ультразвуковой обработки для дополнительного измельчения частиц графита в графитсодержащей суспензии и об улучшении физико-механических характеристик бетонного камня при введении данной суспензии в его состав.

Ключевые слова: графит, окисленный терморасширяющийся графит, ультразвуковое диспергирование графита, высокоэффективный бетон

Для цитирования: Селезнёва О. И., Орлов В. С., Шустов П. А. Высокоэффективный тяжелый бетон с использованием углеродсодержащего модификатора // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 654–661. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-654-661.

Original article

High-performance heavyweight concrete containing carbon modifier

Olga I. Selezneva[1]✉, Victor S. Orlov[2], Pavel A. Shustov[3]
[1,2]Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
[3]Angarsk State Technical University, Angarsk, Russia
[3]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
[1]sel__olga@mail.ru✉
[2]orlovvs1@tyuiu.ru
[3]shustovpa@mail.ru

Abstract. Reducing the consumption of cement in the production of concrete mixtures has been a topical issue in the construction industry. The study aims to optimise the structure of concrete stone by selecting the particle size distribution of the components to nanoscale values. Such microfillers include silica fume, metakaolin, ashes, nanographite/graphene, etc. Thus, producing additives of complex action having a plasticising ability, as well as containing finely dispersed fillers forming binding material, is promising. Expandable graphite was dispersed in an aqueous medium and subjected to ultrasonic treatment using an ultrasonic bath with an 80 W generator. The particle size distribution in the graphite-containing suspension was studied using a laser diffraction particle analyser *FritschNanoTec* with a wet dispersion system (measuring range of 0.01 to 2100 μm). Microscopic examination was carried out using a scanning electron microscope *TESCAN Mira 3* with a magnification range of up to 1,000,000 times. In the present work, the physical-mechanical properties of heavyweight concrete containing modified oxidised expandable graphite were investigated. The results of microscopy and particle size distribution analysis of the graphite-containing suspension are presented. The research indicates the efficiency of ultrasonic treatment of a graphite-containing suspension and its effect on the strength characteristics of concrete. The presented results demonstrate the potential of ultrasonic treatment for additional disintegration of graphite particles in a graphite-containing suspension improving the physical and mechanical characteristics of a concrete stone by adding this suspension to its composition.

Keywords: graphite, oxidized thermally expandable graphite, ultrasonic dispersion of graphite, high performance concrete

For citation: Selezneva O. I., Orlov V. S., Shustov P. A. High-performance heavyweight concrete containing carbon modifier. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):654-661. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-654-661.

Введение

В настоящее время актуальным вопросом является получение высокоэффективных бетонов с заданными свойствами [1–5].

Применение тонкодисперсных углеродсодержащих модификаторов позволяет улучшить физико-механические и эксплуатационные характеристики бетонного камня [6–10]. Так как получение чистого графена в производстве проблематично, его применение в качестве добавки в цементные композиты экономически нецелесообразно. Согласно литературным данным, существуют различные способы получение нанографита (содержащего графен) из графита [11–14]. Перспективным является направление, связанное с управлением свойствами тяжелого цементного бетона на микроуровне: таким образом повышаются физико-механические и эксплуатационные характеристики конечного продукта [15–17].

Открытым остается вопрос об оптимальном способе получения тонкодисперсной углеродсодержащей добавки для достижения максимального положительного эффекта в производстве тяжелого бетона.

Методы

В исследовании применялись следующие сырьевые материалы:

– портландцемент Сухоложского цементного завода марки ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н;

– гранитный щебень фракций 5–10 мм, 10–20 мм Курманского каменного щебеночного месторождения;

– кварцевый песок с карьера ООО «Тюменьнеруд» с модулем крупности 2,3;

– окисленный терморасширяющийся графит;

– диспергированный с применением ультразвука (УЗ) графит.

Базовый состав без добавки и составы с исследуемыми добавками были приготовлены вручную.

Отдозированные щебень, песок и портландцемент перемешивались в сухом состоянии до однородной смеси и затворялись водой. Далее полученная смесь тщательно перемешивалась в течение 5 мин. У бетонной смеси определялись плотность и технологические свойства.

Из свежеприготовленных бетонных смесей формовались образцы-кубы размером 100x100x100 мм, которые в дальнейшем твердели при нормальных условиях (температура 20 ± 2 °С и относительная влажность воздуха не менее 90 %). Через двое суток образцы были расформованы и помещены в камеру нормального твердения до достижения ими классового возраста. В 28 суток исследовались

плотность и прочность бетона при сжатии в соответствии с ГОСТ 10180-2012[1].

Исследование структуры полученной углеродсодержащей добавки выполнено с использованием электронного сканирующего микроскопа *TESCAN Mira 3* с диапазоном увеличения до 1 000 000 крат[2].

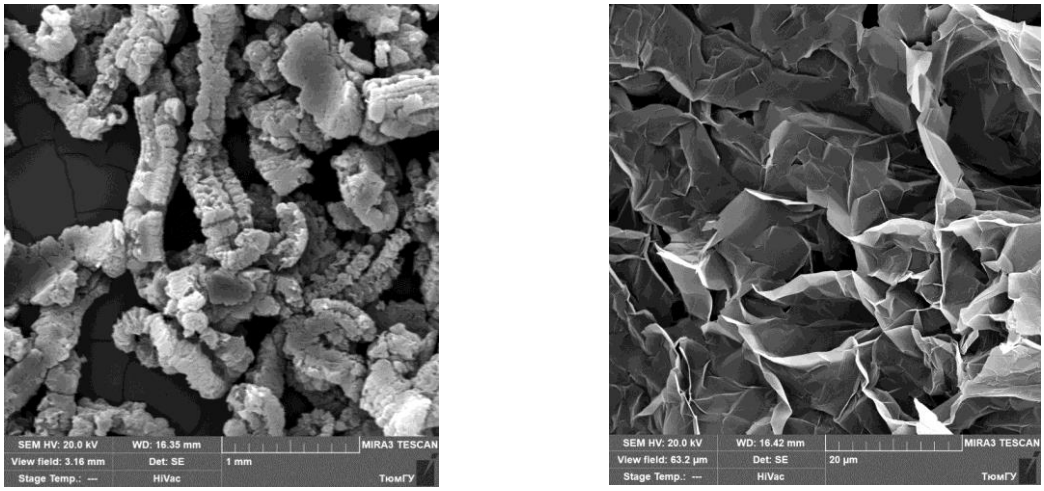
Результаты и их обсуждение

Изучены физико-механические свойства бетонной смеси и бетона. Проектирование состава бетона произведено с использованием эмпирических формул, связывающих прочность бетона со свойствами вяжущего, заполнителей и водоцементным отношением. Характеристики базового состава представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристики базового состава бетонной смеси и бетона
Table 1. Characteristics of the basic composition of concrete mix and concrete

Сырьевые материалы	Количество компонентов, кг	Плотность бетонной смеси, кг/м^3	Подвижность бетонной смеси, см	Плотность бетона, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа
Цемент	410	2310	11,5	2470	42,86
Песок	800				
Щебень	1040				
Вода	205				

Далее бетонная смесь была модифицирована синтезированным окисленным терморасширяющимся графитом путем кратковременного воздействия, не превышающего 10 секунд, электромагнитного (СВЧ) излучения (частота 2450МГц) мощностью 1000 Вт [18]. Полученное вещество представляет собой вытянутые высокопористые хлопья с большим содержанием пустот. Окисленный терморасширяющийся графит содержит до 99,9 % углерода без посторонних примесей. Результаты электронной микроскопии представлены на рис. 1 *a, b* [19].



a *b*

Рис. 1. Микроструктура окисленного терморасширяющегося графита
Fig. 1. Microstructure of oxidized thermally expanding graphite

Следующим этапом эксперимента являлось исследование реологических характеристик и физико-механических свойств состава с добавкой окисленного терморасширяющегося графита. Была проанализирована совместная работа цементного композита и углеродсодержащего вещества. Результаты испытаний представлены в табл. 2. Добавление данного вещества не оказало выраженного эффекта. Увеличение прочностных характеристик незначительно. Можно заключить, что окисленный терморасширяющийся графит в материале является только микронаполнителем, не меняющим структуру цементных композитов. Также остается открытым вопрос об однородном перемешивании бетонной смеси и вкраплении в нее добавки.

[1]ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2018.
[2]Зимакова Г. А., Селезнева О. И., Радаев С. С., Орлов В. С. Методы исследования состава и свойств строительных материалов: учеб. пособ. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. 126 с.

Таблица 2. Характеристики модифицированного окисленным терморасширяющимся графитом состава бетонной смеси и бетона
Table 2. Characteristics of the concrete mix and concrete composition modified by oxidized thermally expanding graphite

Сырьевые материалы	Количество компонентов, кг	Плотность бетонной смеси, кг/м^3	Подвижность бетонной смеси, см	Плотность бетона, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа
Цемент	410	2315	11	2480	44,95
Песок	800				
Щебень	1040				
Вода	205				
Окисленный терморасширяющийся графит	0,41				

По результатам исследования сделаны выводы, что применение окисленного терморасширяющегося графита является экономически нецелесообразным. Расщепление графита путем термоактивации оказалось малоэффективным. Вероятно, необходимо создать более жесткие условия деструкции. При термическом воздействии происходит механическое разрушение по слабым местам, дефектам. В жидкой среде, в присутствии ультразвука диспергирование существенно увеличивает дробление и по прочно соединенным слоям, создавая тем самым разрушения в местах спайности. Следует отметить, что в случае отключения источника УЗ-воздействия в течение десяти минут происходит агрегация частиц порошка в суспензии практически до первоначальных значений. График распределения частиц после их агрегации представлен на рис. 2.

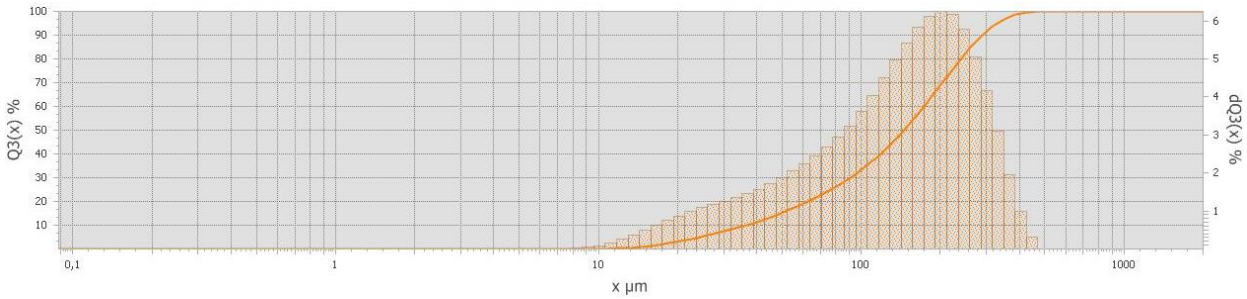
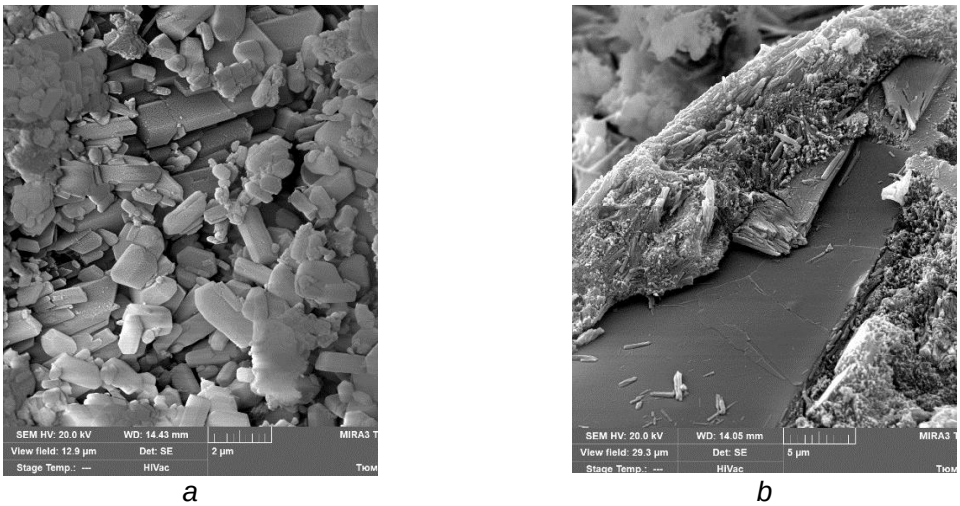


Рис. 2. Гранулометрический состав агрегированных частиц графита в суспензии без ультразвукового воздействия
Fig. 2. Granulometric composition of aggregated graphite particles in suspension without ultrasonic action

Результаты испытаний бетонной смеси и бетона с использованием диспергированного с применением ультразвука графита представлены в табл. 3. На рис. 3 *a, b* изображено определение технологических характеристик бетона. На рис. 4 *a, b* приведены фотографии микроструктуры модифицированного добавкой бетона.

a *b*

Рис. 3. Оценка технологических характеристик бетона
Fig. 3. Assessment of technological characteristics of concrete



a *b*

Рис. 4. Микроструктура бетона с добавкой суспензии обработанного ультразвуком терморасширяющегося графита
Fig. 4. Microstructure of concrete with the addition of a suspension of sonicated thermally expanding graphite

Таблица 3. Характеристики модифицированного диспергированным с применением ультразвука графитом состава бетонной смеси и бетона
Table 3. Characteristics of the modified concrete mixture and concrete composition dispersed with the use of ultrasound graphite

Сырьевые материалы	Количество компонентов, кг	Плотность бетонной смеси, кг/м^3	Подвижность бетонной смеси, см	Плотность бетона, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа
Цемент	410	2365	13	2520	50,11
Песок	800				
Щебень	1040				
Вода	205				
Диспергированный с применением ультразвука графит	0,41				

Заключение

В результате изучения графита и его различных модификаций, которые применяются в качестве добавки в бетон, можно сделать вывод о том, что использование углеродсодержащих компонентов улучшает физико-механические и, как следствие, эксплуатационные характеристики композитов. Добавление окисленного терморасширяющегося графита не произвело заметного эффекта. Свойства материала увеличились незначительно, на 4,8 % относительно контрольного состава. Использование данной добавки является экономически нецелесообразной. Применение суспензии графита, диспергированной в присутствии ультразвука, дало увеличение прочностных показателей на 16,9 %. Это показывает возможность использования модификации графита в качестве добавки в состав тяжелых бетонов на цементном вяжущем.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Pan Z., He L., Qiu L., Korayem A. H., Li G., Zu J. W., et al. Mechanical properties and microstructure of a grapheme oxide – cement composit // Cement and Concrete Composites. 2015. Vol. 58. p. 140-147. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.02.001.

2. Chuah S., Pan Z., Sanjaan J. G., Wang C. M., Duan W. H. Nano reinforced cement and concrete composites and new perspective from grapheme oxide // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 73. p. 113-124. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.040.

3. Миляев И. В. Оптимизация свойств модифицированного цементного камня // Научный вестник ВГАСУ. 2009. № 5. С. 102–104.
4. Федорова Г. Д., Александров Г. Н., Смагулова С. А. Исследование устойчивости водной суспензии оксида графена // Строительные материалы. 2015. № 2. С. 15–21.
5. Федорова Г. Д., Александров Г. Н., Смагулова С. А. К вопросу применения оксида графена в цементных системах // Строительные материалы. 2016. № 1-2. С. 21–26.
6. Moxmmed A., Sanjayn J. G., Duan W. H., Nazari A. Incorporating grapheme oxide in cement composites: A study of transport properties // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 84. p. 341-347. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.083.
7. Sedaghat A., Ram M. K., Zayed A., Kamal R., Shanahan N. Investigation of Physical Properties of Graphene-Cement Composite for Structural Applications // Open Journal of Composite Materials. 2014. Vol. 4. № 1. p. 41685. https://doi.org/10.4236/ojcm.2014.41002.
8. Баженов Ю. М., Алимов Л. А., Воронин В. В. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами // Известия вузов. Строительство. 1996. № 4. С. 55–58.
9. Al Muhit B. A., Nam B. H., Zhai Lei, Zuyus J. Effects of microstructure on the compressive strength of graphene oxide-cement composites // Nanotecnology in Construction. 2015. URL: https://pantherfile.uwm.edu/sobolev/www/NICOM-5/13_Nam.pdf (23.11.2015).
10. Хархардин А. Н. Структурная топология дисперсных систем взаимодействующих микро- и наночастиц // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 5. С. 119–125.
11. Raki L., Beaudoin J. J., Alizadeh R., Makar J. M., Sato T. Cement and concrete nanoscience and nanotechnology // Materials. 2010. Vol. 3. p. 918-942. https://doi.org/10.3390/ma3020918.
12. Horszczaruk E., Mijowska E., Kalenczuk R. J., Aleksandrzak M., Mijowska S. Nanocomposite of cement/graphene oxide - Impact on hydration kinetics and Young's modulus // Construction and Building Materials. 2015. Vol. 78. p. 234-242. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.009.
13. Wang Q., Wang J., Lu C., Lie B., Jang R., Li C. Influence of grapheme oxide additions on the microstructure and mechanical strength of cement // New Carbon Materials. 2015. Vol. 30. Iss. 4. p. 349-359. https://doi.org/10.1016/S1872-5805(15)60194-9.
14. Pan Z., Duan W. H., Li D., Collins F. Graphene oxide reinforced cement and concrete. Patent WO2013096990A1. Declared 21.12.2012. Published 04.07.2013.
15. Selezneva O., Orlov M., Shustov P. Oxidized thermally expanded graphite as a raw material for the production of cement composites // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference "Investments. Construction. Real estate: new technologies and targeted development priorities-2020" (Irkutsk, 23–24th April 2020). Vol. 880. Irkutsk, 2020. p. 012019. https://doi.org/10.1088/1757-899X/880/1/012019.
16. Кожухова Н. И., Бондаренко А. И., Строкова В. В. Зависимость механизма структурообразования от химического состава как ключевого фактора вяжущей системы // Строительный комплекс России. Наука. Образование. Практика: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления и строительного факультета (г. Улан-Удэ, 11–14 июля 2012 г.). Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2012. С. 162–164.
17. Фаликман В. Р. Наноматериалы и нанотехнологии в современных бетонах // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. 2011. №5-6. С. 34–48.
18. Voiry D., Yang J., Kupferberg J., Fullon R., Lee C., Jeong H. Y., et al. High-quality graphene via microwave reduction of solution-exfoliated graphene oxide // Science. 2016. Vol. 353. Iss. 6306. p. 1413-1416. https://doi.org/10.1126/science.aah3398.
19. Орлов В. С., Селезнева О. И., Шустов П. А. Структура и гранулометрический состав углеродсодержащей добавки в тяжелых бетонах // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 4. С. 594–601. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-4-594-601.

REFERENCES

1. Pan Z, He L, Qiu L, Korayem AH, Li G, Zu JW, et al. Mechanical properties and microstructure of a grapheme oxide - cement composit. *Cement and Concrete Composites*. 2015;58:140-147. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.02.001.
2. Chuah S, Pan Z, Sanjaan JG, Wang CM, Duan WH. Nano reinforced cement and con-

crete composites and new perspective from grapheme oxide. *Construction and Building Materials*. 2014;73:113-124. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.040.

3. Milyaev IV. Optimization of the properties of modified cement stone. *Nauchnyi vestnik VGASU*. 2009;5:102-104. (In Russ.).

4. Fedorova GD, Aleksandrov GN, Smagulova SA. Research of Stability of Water Suspension of Graphene Oxide. *Stroitel'nye materialy*. 2015;2:15-21. (In Russ.).

5. Fedorova GD, Aleksandrov GN, Smagulova SA. The study of graphene oxide use in cement systems. *Stroitel'nye materialy*. 2016; 1-2:21-26. (In Russ.).

6. Moxmmed A, Sanjayn JG, Duan WH, Nazan A. Incorporating grapheme oxide in cement composites: A study of transport properties. *Construction and Building Materials*. 2018;84:341-347. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.083.

7. Sedaghat A, Ram MK, Zayed A, Kamal R, Shanahan N. Investigation of Physical Properties of Graphene-Cement Composite for Structural Applications. *Open Journal of Composite Materials*. 2014;4(1):41685. https://doi.org/10.4236/ojcm.2014.41002.

8. Bazhenov YuM, Alimov LA, Voronin VV. Development of the theory of the formation of the structure and properties of concrete with industrial waste. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 1996;4:55-58. (In Russ.).

9. Al Muhit BA, Nam BH, Zhai Lei, Zuyus J. Effects of microstructure on the compressive strength of graphene oxide-cement composites. *Nanotecnology in Construction*. 2015. Available from: https://pantherfile.uwm.edu/sobolev/www/NICOM-5/13_Nam.pdf [Accessed 23rd November 2015].

10. Kharkhardin AN. Structural topology of dispersed systems of interacting micro- and nanoparticles. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2011;5:119-125. (In Russ.).

11. Raki L, Beaudoin JJ, Alizadeh R, Makar JM, Sato T. Cement and concrete nanoscience and nanotechnology. *Materials*. 2010;3:918-942. https://doi.org/10.3390/ma3020918.

12. Horszczaruk E, Mijowska E, Kalenczuk RJ, Aleksandrzak M, Mijowska S. Nanocomposite of cement/graphene oxide - Impact on hydration kinetics and Young's modulus. *Construction and Building Materials*. 2015;78:234-242. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.12.009.

13. Wang Q, Wang J, Lu C, Lie B, Jang R, Li C. Influence of grapheme oxide additions on the microstructure and mechanical strength of cement. *New Carbon Materials*. 2015;30(4): 349-359. https://doi.org/10.1016/S1872-5805(15)60194-9.

14. Pan Z, Duan WH, Li D, Collins F. Graphene oxide reinforced cement and concrete. Patent WO2013096990A1. Declared 21.12.2012. Published 04.07.2013.

15. Selezneva O, Orlov M, Shustov P. Oxidized thermally expanded graphite as a raw material for the production of cement composites. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference "Investments. Construction. Real estate: new technologies and targeted development priorities-2020"* (Irkutsk, 23–24th April 2020). Vol. 880. Irkutsk, 2020. p. 012019. https://doi.org/10.1088/1757-899X/880/1/012019.

16. Kozhukhova NI, Bondarenko AI, Strokova VV. Dependence of the mechanism of structure formation on the chemical composition as a key factor in the binding system. *Stroitel'nyi kompleks Rossii. Nauka. Obrazovanie. Praktika: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennye 50-letiyu Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya i stroitel'nogo fakul'teta* (Ulan-Ude, 11-14 July 2012). Ulan-Ude: ESSUTM, 2012. p. 162-164. (In Russ.).

17. Falikman VR. Nanomaterials and nanotechnologies in advanced concrete. *ALITinform: Tsement. Beton. Sukhie smesi*. 2011;5-6: 34-48. (In Russ.).

18. Voiry D, Yang J, Kupferberg J, Fullon R, Lee C, Jeong HY, et al. High-quality graphene via microwave reduction of solution-exfoliated graphene oxide. *Science*. 2016;3539(6306): 1413-1416. https://doi.org/10.1126/science.aah3398.

19. Orlov VS, Selezneva OI, Shustov PA. Structure and granulometric composition of a carbon-containing additive for heavy concrete. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2020;10(4):594-601. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-4-594-601.

Информация об авторах

О. И. Селезнёва,
кандидат технических наук, доцент
кафедры строительных материалов,
Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0178-7509

В. С. Орлов,
заведующий лабораторией кафедры
строительной механики,
Тюменский индустриальный университет,
625000, г. Тюмень, ул. Володарского, 38,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5583-6989

П. А. Шустов,
кандидат технических наук, доцент кафедры
строительного производства,
Ангарский государственный технический
университет,
665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60,
Россия,
Иркутский национальный
исследовательский технический
университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2547-3579

Information about the authors

Olga I. Selezneva,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of the Department of Building Materials,
Industrial University of Tyumen,
38 Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0178-7509

Victor S. Orlov,
Head of the Laboratory of the Department of
Structural Mechanics,
Industrial University of Tyumen,
38 Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5583-6989

Pavel A. Shustov,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of the Department of Construction Production,
Angarsk State Technical University,
60 Chaikovskogo St., Angarsk, 665835, Russia,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2547-3579

Вклад авторов

Селезнёва О. И., Орлов В. С., Шустов П. А. имеют равные авторские права. Селезнева О. И. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Selezneva O. I., Orlov V. S., Shustov P. A. have equal author's rights. Selezneva O. I. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 20.10.2021.
Одобрена после рецензирования 17.11.2021.
Принята к публикации 19.11.2021.

The article was submitted 20.10.2021.
Approved after reviewing 17.11.2021.
Accepted for publication 19.11.2021.

Научная статья
УДК 691.32
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-662-673

Вариатропная эффективность центробежно уплотненных облегченных бетонов на комбинированных заполнителях

А. С. Смоляниченко[1], А. А. Чернильник[2], Д. М. Ельшаева[3], Ю. В. Жеребцов[4]✉, Н. А. Доценко[5], М. С. Самофалова[6], В. Ю. Смачный[7]
[1,2,3,4,5,6,7]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
[2]Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия
[4]yuri.zherebtsov@gmail.com✉

Аннотация. В настоящее время разработка и усовершенствование энерго-, ресурсо- и маломатериалоемких технологий изготовления бетонных и железобетонных изделий и конструкций – одно из актуальных направлений в строительной отрасли. В частности, технология центрифугирования представляется довольно перспективной. Цель данной работы – провести оценку зависимости коэффициентов вариатропной эффективности центрифугированного бетона от зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей. Всего было изготовлено и испытано десять образцов кольцевого сечения. По результатам испытаний опытных образцов центрифугированного бетона с различными сочетаниями зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей были определены фактические значения интегральных и дифференциальных прочностных и деформативных характеристик бетона. Произведен расчет и анализ коэффициентов прочностной и деформативной вариатропной эффективности. Определены рациональный зерновой состав крупного плотного и оптимальное объемное содержание крупного пористого заполнителей, позволяющие получить центрифугированный бетон с усиленной вариатропией и наиболее эффективным коэффициентом вариатропной эффективности.

Ключевые слова: коэффициент вариатропной эффективности, вариатропия, зерновой состав, прочность, деформативность, объемное содержание

Для цитирования: Смоляниченко А. С., Чернильник А. А., Ельшаева Д. М., Жеребцов Ю. В., Доценко Н. А., Самофалова М. С., Смачный В. Ю. Вариатропная эффективность центробежно уплотненных облегченных бетонов на комбинированных заполнителях // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 662–673. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-662-673.

Original article

Variatropic efficiency of centrifugal lightened concrete based on combined fillers

Alla S. Smolyanichenko[1], Andrei A. Chernil'nik[2], Diana M. El'shaeva[3], Yuriy V. Zherebtsov[4]✉, Natal'ya A. Dotsenko[5], Mariya S. Samofalova[6], Vladislav Yu. Smachney[7]

[1,2,3,4,5,6,7]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
[2]Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia
[4]yuri.zherebtsov@gmail.com✉

Abstract. Presently, developing and improving low-material, energy- and resource-intense technologies for manufacturing concrete and reinforced concrete products and structures have become a topical issue in the construction industry. Therefore, centrifugation technology is promising. In the present work, we assess the dependence of the variatropic efficiency factors of centrifuged concrete on the grain size composition and volumetric content of coarse dense and coarse porous fillers, respectively. Ten samples having an annular cross-section were manufactured and tested. Based on the test results

of centrifuged concrete samples with various combinations of the grain size composition and volumetric content of coarse dense and coarse porous fillers, respectively, the actual values of its integral and differential strength and deformation characteristics were determined. The structural and stress-strain variatropic efficiency were calculated and analysed. The optimal grain size composition and volumetric content of the coarse dense and coarse porous fillers, respectively, were determined and allowed centrifuged concrete with an enhanced variatropy and optimum variatropic efficiency coefficient to be obtained.

Keywords: coefficient of variatropic efficiency, variatropy, grain size composition, strength, deformability, volumetric content

For citation*:* Smolyanichenko A. S., Chernil'nik A. A., El'shaeva D. M., Zherebtsov Yu. V., Dotsenko N. A., Samofalova M. S., Smachney V. Yu. Variatropic efficiency of centrifugal lightened concrete based on combined fillers. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):662-673. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-662-673.

Введение

Актуальной проблемой современного строительства является высокая энерго-, материало- и ресурсоемкость возводимых зданий и сооружений [1]. В этой связи многое зависит от конструктивных элементов, из которых возводятся объекты капитального строительства. По этой причине перспективным направлением видится разработка технологий, составов и конструктивных решений эффективных железобетонных конструкций. Приоритет здесь отдается тонкостенным и полым изделиям и конструкциям, которые позволяют существенно снизить вес возводимого объекта, однако при этом важной задачей остается сохранение, а зачастую и увеличение несущей способности таких изделий и конструкций. Поэтому развитие уже выбранного направления – получение центробежно уплотненных полых изделий и конструкций – может быть нацелено на облегчение таких полых изделий кольцевого сечения. Исследования [2–15], в которых рассматривается проектирование и получение облегченных железобетонных конструкций, в том числе вариатропной структуры, подтверждают актуальность данной работы и выявляют основные проблемы, оставшиеся нерешенными в настоящее время.

В статье [16] приведены результаты испытания керамзитобетона различных классов по прочности на сжатие и по плотности, предложены формулы для определения пределов образования микро- и макротрещин. В ходе исследования введен эмпирический коэффициент, учитывающий класс плотности легкого бетона в расчете микротрещинообразования. Предложена методика определения верхнего и нижнего пределов микротрещинообразования для легких бетонов различных классов по прочности на сжатие и по плотности.

Снижения веса при сохранении эффективности конструкций можно добиться за счет уменьшения плотности бетона, применяемого для центрифугированных изделий и конструкций. Снижение плотности бетона, в свою очередь, достигается применением комбинированного заполнителя, а именно разбавлением плотных зерен из тяжелых горных пород зернами заполнителя из пористых пород либо искусственных пористых заполнителей. Тем самым меняется не только весовая характеристика конструкции и его плотностная и прочностная структура, но и сама сущность его структуры, а именно вариатропия.

Таким образом, рабочей гипотезой исследования является возможность управления вариатропией облегченных центрифугированных бетонов за счет применения комбинированных заполнителей. При этом ранее нами уже был предложен ряд аналитических показателей, таких как коэффициенты вариатропной эффективности по основным прочностным и деформативным характеристикам [17].

Целью исследования являются разработка состава и анализ свойств по вариатропной эффективности облегченных центрифугированных бетонов.

Задачами исследования выступают анализ литературных данных, подготовка программы эксперимента, проведение исследований и аналитическая обработка полученных результатов.

Методы

При проведении исследований применялся бездобавочный портландцемент марки ПЦ 500 Д0, физико-механические характеристики которого представлены в табл. 1.

Таблица 1. Физико-механические характеристики портландцемента ПЦ 500 Д0
Table 1. Physical and mechanical characteristics of Portland cement PC 500 D0

Наименование показателя	Фактическое значение
Предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток, МПа	55,7
Сроки схватывания, мин: – начало; – конец	 1:48 4:00
Тонкость помола, проход через сито № 008, %	97,8
Удельная поверхность, м^2/кг	380
Нормальная густота цементного теста, %	25,5

В качестве крупного плотного заполнителя применялся гранитный щебень, а в качестве крупного пористого заполнителя – керамзитовый гравий. Физико-механические характеристики крупного плотного и пористого заполнителя представлены в табл. 2 и 3.

В качестве плотного мелкого заполнителя применялся песок кварцевый, физические характеристики которого представлены в табл. 4.

Таблица 2. Физико-механические характеристики щебня
Table 2. Physical and mechanical characteristics of crushed stone

Фракция	Насыпная плотность, кг/м^3	Истинная плотность, г/см^3	Дробимость, % по массе	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, % по массе	Пустотность, %
5–20	1430	2,66	11,4	9,5	46,2

Таблица 3. Физико-механические характеристики керамзитового гравия
Table 3. Physical and mechanical characteristics of expanded clay gravel

Фракция	Насыпная плотность, кг/м^3	Истинная плотность, г/см^3	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, % по массе	Пустотность, %
5–20	911	21	6,4	56

Таблица 4. Физические характеристики плотного мелкого заполнителя
Table 4. Physical characteristics of dense fine aggregate

Зерновой состав							Проход через сито с сеткой № 0.16, % по массе	Модуль крупности	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	Истинная плотность, г/см^3	Насыпная плотность, кг/м^3
Размеры отверстий сит, мм											
Остатки на ситах		Частные и полные остатки на ситах, %									
10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16					
0	0	0,17	1,39	8,86	45,80	41,03	2,49	1,66	1,1	2,61	1438
		0,17	1,56	10,42	56,21	97,25	99,74				

Для изготовления центрифугированных образцов была применена экспериментальная лабораторная центрифуга, принципиальная схема данной установки и подробное описание представлены в работе М. Г. Холодняка[1].

Приготовление бетонной смеси осуществлялось в лабораторном бетоносмесителе принудительного действия. Также для исследований нами было применено: испытательное оборудование (пресс гидравлический), средства измерения (линейка измерительная металлическая, весы лабораторные, прибор для измерения отклонений от плоскости НПЛ-1, прибор для измерения отклонений от перпендикулярности НПР-1).

Всего изготовлено и испытано десять базовых образцов кольцевого сечения с размерами:

– внешний диаметр D = 450 мм;

– внутренний диаметр отверстия d = 150 мм;

– общая высота H = 1200 мм.

Методика изготовления опытных образцов для определения прочностных и деформатив-

[1]Холодняк М. Г. Совершенствование расчета и технологии создания виброцентрифугированных железобетонных колонн с учетом вариатропии структуры: дис. … канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2020. 185 с.

ных интегральных (общих, усредненных по сечению), а также дифференциальных (различающихся по слоям сечения) характеристик бетона описана в работах[2] [18–22].

В качестве контрольного состава запроектирован тяжелый бетон класса В30 с требуемой маркой по удобоукладываемости П1 (осадка конуса 1–4 см), где зерновой состав крупного заполнителя представлен фракцией 10–20 мм. Полученные в результате расчетов параметры состава бетонной смеси отражены в табл. 5.

Таблица 5. Параметры состава бетонной смеси
Table 5. Concrete composition parameters

В/Ц*	Абсолютный объем цементного теста, л	Абсолютный объем заполнителей, л, при соотношении *r* = П/Щ** = 0,4	Расход цемента на 1 м^3 бетонной смеси, кг	Расход щебня на 1 м^3 бетонной смеси, кг	Расход песка на 1 м^3 бетонной смеси, кг
0,38	319	1805	400	1290	515

* – водоцементное отношение;
** – соотношение песка и щебня.

При приготовлении опытных замесов бетонных смесей с различным содержанием фракций крупного плотного и пористого заполнителей расход цемента и соотношение П/Щ оставались неизменными.

Расход воды корректировался до получения требуемой подвижности бетонной смеси. Коэффициенты прочностной и деформативной вариатнопной эффективности рассчитывались по работе [16].

Результаты и их обсуждение

В результате испытаний контрольных образцов тяжелого центрифугированного бетона были получены средние значения интегральных и дифференциальных прочностных и деформативных характеристик, которые представлены в табл. 6.

Таблица 6. Средние значения интегральных и дифференциальных прочностных и деформативных характеристик контрольных образцов тяжелого центрифугированного бетона
Table 6. Average values of integral and differential strength and deformation characteristics of control samples of heavy centrifuged concrete

$R_{b,cub}$, МПа	R_b, МПа	R_{btb}, МПа	R_{bt}, МПа	ε_{bR}, мм/м·10^{-3}	ε_{btR}, мм/м·10^{-4}	$E_b = E_{bt}$, ГПа
59,6	44,7	7,2	4,2	1,73	1,15	38,9
$\overline{R_{b,cub}}$, МПа	$\overline{R_b}$, МПа	$\overline{R_{btb}}$, МПа	$\overline{R_{bt}}$, МПа	$\overline{\varepsilon_{bR}}$, мм/м·10^{-3}	$\overline{\varepsilon_{btR}}$, мм/м·10^{-4}	$\overline{E_b = E_{bt}}$, ГПа
62,7	47,5	7,5	4,4	1,69	1,11	41,2

Выбор рационального зернового состава крупного плотного и оптимального объемного содержания крупного пористого заполнителей осуществлялся посредством проведения расчетов методом математического планирования эксперимента с использованием программы *MathCAD*.

В качестве функций отклика принимались изменяющиеся в зависимости от различного зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей интегральные и дифференциальные прочностные и деформативные характеристики центрифугированного бетона:

– $R_{b,cub}$ $(\alpha, V_{г.к})$ – кубиковая прочность при сжатии, МПа;

– R_b $(\alpha, V_{г.к})$ – призменная прочность при сжатии, МПа;

– R_{bt} $(\alpha, V_{г.к})$ – прочность при осевом растяжении, МПа;

– R_{btb} $(\alpha, V_{г.к})$ – прочность на растяжение при изгибе, МПа;

– ε_{bR} $(\alpha, V_{г.к})$ – предельные деформации при осевом сжатии, мм/м·10^{-3};

– ε_{btbR} $(\alpha, V_{г.к})$ – предельные деформации при осевом растяжении, мм/м·10^{-4};

– $E_b = E_{btb}$ $(\alpha, V_{г.к})$ – модуль упругости, ГПа.

[2]Холодняк М. Г. Совершенствование расчета и технологии создания виброцентрифугированных железобетонных колонн с учетом вариатропии структуры: дис. … канд. техн. наук. Ростов н/Д, 2020. 185 с.

Таблица 7. Значения факторов варьирования ПФЭ $2^к$
Table 7. Values of the factors of variation of the PFE $2^к$

Код фактора	Физический смысл фактора	Уровни фактора		
		–1	0	+1
α	Соотношение фракций 10–20 и 5–10 крупного плотного заполнителя, %	60/40	50/50	40/60
$V_{г.к}$	Объемное содержание крупного пористого заполнителя, %	25	30	35

В табл. 8 и 9 представлены результаты экспериментальных исследований влияния зернового состава крупного плотного заполнителя и объемного содержания крупного пористого заполнителя на интегральные и дифференциальные прочностные и деформативные характеристики облегченного центрифугированного бетона.

Таблица 8. Результаты экспериментальных исследований влияния зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей на интегральные прочностные и деформативные характеристики облегченного центрифугированного бетона
Table 8. Results of experimental studies of the effect of grain size composition coarse dense and volumetric content of coarse porous aggregates on the integral strength and deformation characteristics of the lightweight centrifuged concrete

Номер опыта	α, %	$V_{г.к}$, %	$R_{b.cub}$, МПа	R_b, МПа	R_{btb}, МПа	R_{bt}, МПа	ε_{bR}, мм/м·10^{-3}	ε_{btR}, мм/м·10^{-4}	$E_b = E_{bt}$, ГПа
1	60/40	25	52,4	39,3	6,3	3,7	1,83	1,21	36,2
2	40/60	25	50,3	37,2	6,0	3,5	1,87	1,24	35,3
3	60/40	35	48,9	36,7	5,9	3,4	1,91	1,26	34,7
4	40/60	35	47,5	35,6	5,7	3,4	1,96	1,29	33,8
5	60/40	30	51,5	38,6	6,2	3,6	1,81	1,20	36,5
6	40/60	30	48,2	36,2	5,8	3,4	1,83	1,21	36,2
7	50/50	25	50,5	37,4	6,1	3,5	1,87	1,24	35,3
8	50/50	35	45,7	34,3	5,5	3,2	1,91	1,26	34,7
9	50/50	30	46,5	34,9	5,6	3,3	1,95	1,29	33,8

Таблица 9. Результаты экспериментальных исследований влияния зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей на дифференциальные прочностные и деформативные характеристики облегченного центрифугированного бетона
Table 9. Results of experimental studies of the effect of the grain size composition of coarse dense and volumetric content of coarse porous aggregates on the differential strength and deformation characteristics of lightweight centrifuged concrete

Номер опыта	α, %	$V_{г,к}$, %	$R_{b,cub}$, МПа	R_b, МПа	R_{btb}, МПа	R_{bt}, МПа	$\overline{\varepsilon_{bR}}$, мм/м·$10^{-3}$	ε_{btR}, мм/м·10^{-4}	$E_b = E_{bt}$, МПа·10^3
1	60/40	25	61,3	46,0	7,6	4,3	1,87	1,28	37,4
2	40/60	25	60,7	45,5	7,6	4,3	1,97	1,27	37,1
3	60/40	35	59,8	44,6	7,2	4,3	2,09	1,32	36,8
4	40/60	35	57,9	43,4	7,0	4,1	2,11	1,33	35,9
5	60/40	30	66,7	50,5	8,0	4,7	2,06	1,29	38,8
6	40/60	30	60,7	45,6	7,3	4,2	2,01	1,23	37,4
7	50/50	25	59,7	44,8	7,5	4,2	2,03	1,25	37,1
8	50/50	35	54,3	40,5	6,5	3,9	2,11	1,28	36,8
9	50/50	30	55,8	41,9	6,8	3,9	2,12	1,27	35,9

По результатам исследований методом наименьших квадратов были получены базовые уравнения регрессии для интегральных и дифференциальных прочностных и деформативных характеристик облегченного центрифугированного бетона, которые представлены в виде полиномов 2-й степени в табл. 10. Полученные уравнения регрессии оценивались по однородности дисперсий, значимости коэффициентов и адекватности, которая проверялась с помощью критерия Фишера. По расчетному значению *t* – критерия Стьюдента – устанавливали значимость коэффициентов уравнений.

Таблица 10. Базовые уравнения регрессии для интегральных и дифференциальных прочностных и деформативных характеристик облегченного центрифугированного бетона
Table 10. Basic regression equations for integral and differential strength and deformation characteristics of lightweight centrifuged concrete

Характеристики	Уравнения регрессии
	Интегральные
$R_{b,cub}$	$R_{b,cub}(\alpha, V_{г.к}) = 49 - 1{,}13 \cdot \alpha - 1{,}85 \cdot V_{г.к} + 0{,}18 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 2{,}23 \cdot \alpha^2 + 0{,}48 \cdot V_{г.к}{}^2$
R_b	$R_b(\alpha, V_{г.к}) = 37 - 0{,}93 \cdot \alpha - 1{,}22 \cdot V_{г.к} + 0{,}25 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 1{,}73 \cdot \alpha^2 + 0{,}18 \cdot V_{г.к}{}^2$
R_{bt}	$R_{btb}(\alpha, V_{г.к}) = 6 - 0{,}15 \cdot \alpha - 0{,}22 \cdot V_{г.к} + 0{,}03 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 0{,}25 \cdot \alpha^2 + 0{,}05 \cdot V_{г.к}{}^2$
R_{btb}	$R_{bt}(\alpha, V_{г.к}) = 3 - 0{,}07 \cdot \alpha - 0{,}12 \cdot V_{г.к} + 0{,}05 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 0{,}17 \cdot \alpha^2 + 0{,}02 \cdot V_{г.к}{}^2$
ε_{bR}	$\varepsilon_{bR}(\alpha, V_{г.к}) = 2 + 0{,}02 \cdot \alpha + 0{,}04 \cdot V_{г.к} + 0{,}003 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} - 0{,}04 \cdot \alpha^2 + 0{,}03 \cdot V_{г.к}{}^2$
ε_{btbR}	$\varepsilon_{btR}(\alpha, V_{г.к}) = 1 + 0{,}01 \cdot \alpha - 0{,}02 \cdot V_{г.к} - 0{,}03 \cdot \alpha^2 + 0{,}02 \cdot V_{г.к}{}^2$
$E_b = E_{btb}$	$E_{bR} = E_{btR}(\alpha, V_{г.к}) = 35 - 0{,}35 \cdot \alpha - 0{,}6 \cdot V_{г.к} + 85 \cdot \alpha^2 - 0{,}5 \cdot V_{г.к}{}^2$
	Дифференциальные
$R_{b,cub,i}$	$R_{b,cub,i}(\alpha, V_{г.к}) = 60 - 1{,}41 \cdot \alpha - 1{,}62 \cdot V_{г.к} - 0{,}33 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 4{,}58 \cdot \alpha^2 - 2{,}12 \cdot V_{г.к}{}^2$
$R_{b,i}$	$R_{b,i}(\alpha, V_{г.к}) = 45 - 1{,}1 \cdot \alpha - 1{,}3 \cdot V_{г.к} - 0{,}18 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 3{,}53 \cdot \alpha^2 - 1{,}87 \cdot V_{г.к}{}^2$
$R_{bt,i}$	$R_{btb,i}(\alpha, V_{г.к}) = 7 - 0{,}15 \cdot \alpha - 0{,}33 \cdot V_{г.к} - 0{,}05 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 0{,}51 \cdot \alpha^2 - 0{,}13 \cdot V_{г.к}{}^2$
$R_{btb,i}$	$R_{bt,i}(\alpha, V_{г.к}) = 4 - 0{,}12 \cdot \alpha - 0{,}08 \cdot V_{г.к} - 0{,}05 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} + 0{,}32 \cdot \alpha^2 - 0{,}08 \cdot V_{г.к}{}^2$
$\varepsilon_{bR,i}$	$\varepsilon_{bR,i}(\alpha, V_{г.к}) = 2 + 0{,}008 \cdot \alpha + 0{,}002 \cdot V_{г.к} - 0{,}01 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} - 0{,}04 \cdot \alpha^2 + 0{,}012 \cdot V_{г.к}{}^2$
$\varepsilon_{btbR,i}$	$\varepsilon_{btR,i}(\alpha, V_{г.к}) = 1 + 0{,}012 \cdot \alpha - 0{,}003 \cdot V_{г.к} - 0{,}022 \cdot \alpha^2 + 0{,}013 \cdot V_{г.к}{}^2$
$E_{bR,i} = E_{btR,i}$	$E_{bR,i} = E_{btR,i}(\alpha, V_{г.к}) = 37 - 0{,}3 \cdot \alpha - 0{,}12 \cdot V_{г.к} + 0{,}05 \cdot \alpha \cdot V_{г.к} 0{,}77 \cdot \alpha^2 - 0{,}28 \cdot V_{г.к}{}^2$

Результаты экспериментальных исследований влияния зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей на коэффициенты прочностной и деформативной вариатропной эффективности тяжелого и облегченного центрифугированного бетона представлены на рис. 1 и 2. После анализа полученных графических зависимостей было установлено, что максимальные значения коэффициентов прочностной и деформативной вариатропной эффективности достигаются при применении крупного заполнителя с зерновым составом, где содержание фракции 5–10 составляет 40 % от общего объема заполнителя, содержание фракции 10–20 составляет 60 %, а объемное содержание крупного пористого заполнителя, введенное взамен части плотного, составляет 30 %.

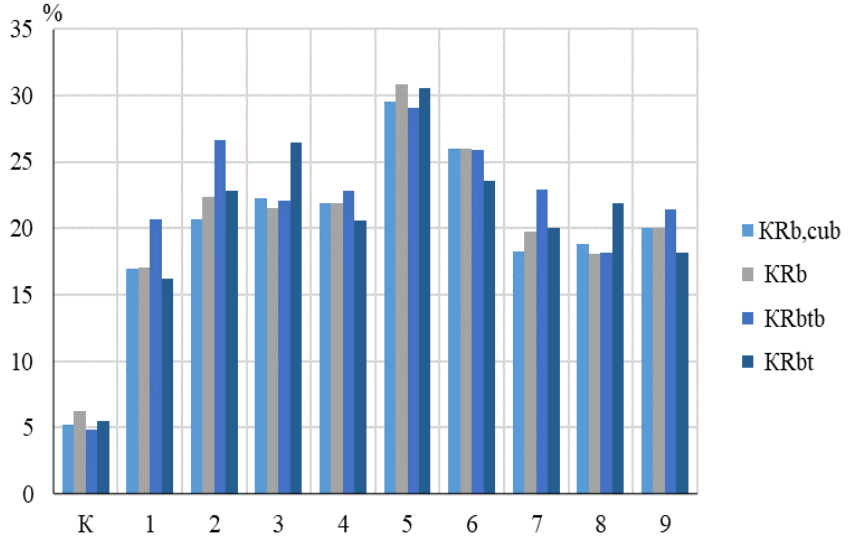


Рис. 1. Зависимость изменения коэффициентов прочностной вариатропной эффективности центрифугированных бетонов от зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей
Fig. 1. Dependence of the change in the coefficients of the strength variatropic efficiency of centrifuged concretes on the grain size composition of coarse dense and volumetric content of coarse porous aggregates

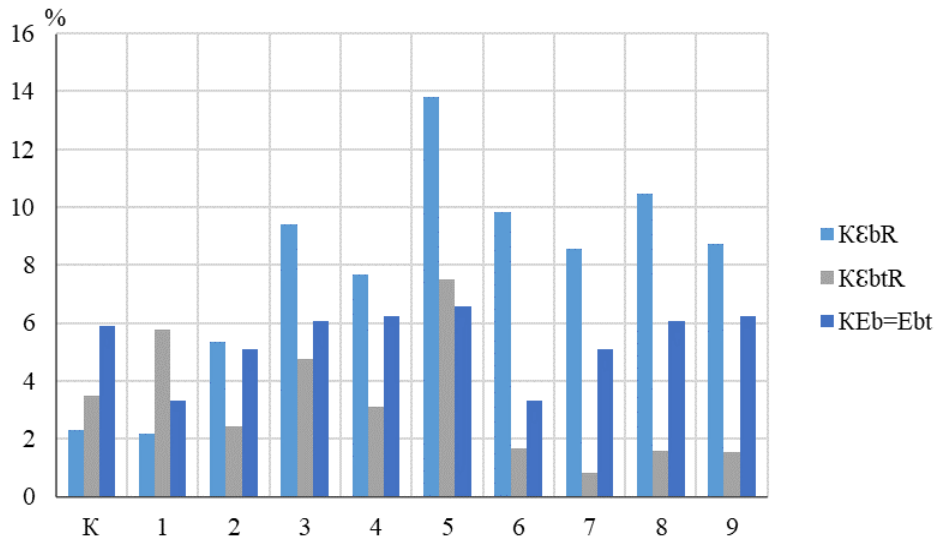


Рис. 2. Зависимость изменения коэффициентов деформативной вариатропной эффективности центрифугированных бетонов от зернового состава крупного плотного и объемного содержания крупного пористого заполнителей

Fig. 2. Dependence of the change in the coefficients of the deformative variatropic efficiency of centrifuged concretes on the grain size composition of coarse dense and volumetric content of coarse porous aggregates

Также в результате анализа дифференциальных прочностных и деформативных характеристик установлено, что применение крупного заполнителя с данным соотношением фракций и объемным содержанием крупного пористого заполнителя в количестве 30 % позволяет добиться наилучшей вариатропии. Так, разница между прочностными характеристиками для внутреннего и среднего слоя тяжелого центрифугированного бетона составляет 26 %, а для облегченного центрифугированного бетона – 28 %. Разница между внутренним и внешним слоем для тяжелого центрифугированного бетона составляет 49 %, а для облегченного – 56 %. Что касается разницы между средним и внешним слоями, то для тяжелого центрифугированного бетона она составляет 37 %, а для облегченного – 21 %. Для модуля упругости разница между внутренним и средним слоем у тяжелого центрифугированного бетона составляет 18 %, а у облегченного – 19 %. Разница между внутренним и внешним слоем для тяжелого центрифугированного бетона составляет 38 %, а для облегченного – 45 %. Что касается разницы между средним и внешним слоем, то для тяжелого центрифугированного бетона она составляет 21 %, а для облегченного – 14 %.

Заключение

Подтверждена возможность управления вариатропией облегченных центрифугированных бетонов за счет применения комбинированных заполнителей.

В ходе исследования разработан состав и проанализирована вариатропная эффективность облегченных центрифугированных бетонов.

В результате проведенных исследований установлено, что значения коэффициентов вариатропной эффективности напрямую зависят от степени вариатропии. Так, применение комбинированного крупного заполнителя с рационально подобранным зерновым составом позволяет усилить вариатропию и уменьшить разницу для значений прочностных и деформативных характеристик центрифугированного бетона между средним и внешним слоем. В результате анализа дифференциальных прочностных и деформативных характеристик установлено, что применение крупного заполнителя с данным соотношением фракций и объемным содержанием крупного пористого заполнителя в количестве 30 % позволяет добиться наилучшей вариатропии. Таким образом, дальнейшее регулирование рецептурных и технологических факторов при изготовлении центрифугированных изделий и конструкций позволит нам получать наиболее эффективные маломатериалоемкие конструкции кольцевого сечения с усиленной вариатропией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сулейманова Л. А. Высококачественные энергосберегающие и конкурентоспособные строительные материалы, изделия и конструкции // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 9–16. https://doi.org/10.12737/22637.
2. Абдыкалыков Т. А., Джамаева А. М. Облегченные мелкозернистые бетоны на основе композиционных вяжущих веществ // Материаловедение. 2017. № 2 (22). С. 20–23.
3. Белых А. Н., Астахов И. А., Евдокимова А. А. Испытание особо легкого бетона на диатомитовом заполнителе // Перспективы науки. 2021. № 4 (139). С. 234–236.
4. Савенков А. И., Савенков В. А. Облегченные вариатропные железобетонные перекрытия // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2016. Т. 1. № 1. С. 288–293.
5. Бондарович А. И., Батяновский А. И. Исследование жаростойкости и термостойкости бетона на пористых заполнителях и заполнителях из плотных горных пород // Проблемы современного бетона и железобетона. 2017. № 9. С. 113-128. https://doi.org/10.23746/2017-9-8.
6. Бугаевский С. А. Применение самоуплотняющегося бетона в технологии устройства облегченных железобетонных перекрытий // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2015. № 69. С. 79–90.
7. Акулова М. В., Исакулов Б. Р., Джумабаев М. Д., Толеуов Т. Ж. Получение легкого арболитобетона на основе цементнозольношламового вяжущего и органического заполнителя из скорлупы грецкого ореха // Интернет-журнал «Науковедение». 2016. Т. 8. № 4 (35). С. 7.
8. Баженов Ю. М., Королев Е. В., Самошин А. П., Королева О. В. Выбор заполнителя для радиационно-защитных бетонов вариатропно-каркасной структуры // Региональная архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 9–13.
9. Леденев А. А., Перцев В. Т., Калач А. В., Загоруйко Т. В., Донец С. А., Калач Е. В. Управление огнестойкостью железобетонных конструкций вариатропной структуры // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 16–22.
10. Рылова Т. С., Лахтарина С. В., Егорова Е. В. Легкий конструкционный бетон с повышенным коэффициентом конструктивного качества // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2018. № 4-2 (132). С. 221–226.
11. Al Zand A. W., Hosseinpour E., Badaruzzaman W. H. W., Ali M. M., Yaseen Z. M., Hanoon A. N. Performance of the novel C-purlin tubular beams filled with recycled-lightweight concrete strengthened with CFRP sheet // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 43. p. 102532. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102532.
12. Abd Elrahman M., Sikora P., Chung S. Y., Stephan D. The performance of ultra-lightweight foamed concrete incorporating nanosilica // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2021. Vol. 21. p. 79. https://doi.org/10.1007/s43452-021-00234-2.
13. Huynh T.-P., Pham V.-H., Do N.-D., Nguyen T.-C., Ho N.-T. Performance evaluation of prefoamed ultra-lightweight composites incorporating various proportions of slag // Periodica Polytechnica Civil Engineering. 2021. Vol. 65 (1). p. 276-286. https://doi.org/10.3311/PPci.16996.
14. Гаврилов А. В., Алоян К. Д., Доброхотов В. Б., Придатко Ю. М. Совершенствование технологии получения облегченных бетонов // Шестьдесят восьмая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием: сборник материалов конференции. (Ярославль, 22 апреля 2015 г.). Ярославль: ЯГТУ, 2015. С. 765–767.
15. Begich Y. E., Klyuev S. V., Jos V. A., Cherkashin A. V. Fine-grained concrete with various types of fibers // Magazine of Civil Engineering. 2020. Vol. 97. p. 123. https://doi.org/10.18720/MCE.97.2.
16. Семенюк С. Д., Москалькова Ю. Г. Определение границ образования микротрещин в зависимости от плотности керамзитобетона // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 4 (52). С. 129-136. https://doi.org/10.25987/VSTU.2018.52.4.012.
17. Черных Д. С., Строев Д. А., Чернильник А. А., Ельшаева Д. М., Жеребцов Ю. В., Доценко Н. А. Зависимость коэффициентов прочностной и деформативной вариатропной эффективности центрифугированного бетона от зернового состава крупного заполнителя // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 3. С. 470–479. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-470-479.
18. Mailyan L. R., Stel'makh S. A., Shcherban' E. M., Khalyushev A. K., Smolyan-

ichenko A. S., Sysoev A. K., et al. Investigation of integral and differential characteristics of variatropic structure heavy concretes by ultrasonic methods // Applied Sciences. 2021. Vol. 11 (8). p. 3591. https://doi.org/10.3390/app11083591.
19. Mailyan L. R., Beskopylny A. N., Meskhi B., Stel'makh S. A., Shcherban E. M., Ananova O. Optimization of Composition and Technological Factors for the Lightweight Fiber-Reinforced Concrete Production on a Combined Aggregate with an Increased Coefficient of Structural Quality // Applied Sciences. 2021. Vol. 11 (16). p. 7284. https://doi.org/10.3390/app11167284.
20. Stel'makh S. A., Shcherban' E. M., Beskopylny A. N., Mailyan L. R., Meskhi B., Butko D., et al. Influence of Composition and Technological Factors on Variatropic Efficiency and Constructive Quality Coefficients of Lightweight Vibro-Centrifuged Concrete with Alkalized Mixing Water // Applied Sciences. 2021. Vol. 11 (19). p. 9293. https://doi.org/10.3390/app11199293.
21. Shcherban E. M., Prokopov A. Yu., Stelmakh S. A., Shuyskiy A. I. Effect of Disperse Reinforcement on the Structural Quality Factor of Vibrated and Centrifuged Concretes on the Combined Aggregate // Materials Science Forum. 2019. Vol. 974. p. 283-287. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.974.283.
22. Явруян Х. С., Холодняк М. Г., Шуйский А. И., Стельмах С. А., Щербань Е. М. Влияние некоторых рецептурно-технологических факторов на свойства неавтоклавного газобетона // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4. С. 93.

REFERENCES

1. Suleimanova LA. High quality energy saving and competitive building materials, products and structures. *VestnikBGTUim.V.G.Shukhova = Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2017;1:9-16. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/22637.
2. Abdykalykov TA, Dzhamaeva AM. Lightweight fine-grained concrete based on composite binders. *Materialovedenie*. 2017;2(22):20-23. (In Russ.).
3. Belykh AN, Astakhov IA, Evdokimova AA. Test of lightweight concrete on diamite aggregate. *Perspektivy nauki*. 2021;4(139):234-236. (In Russ.).
4. Savenkov AI, Savenkov VA. Lightweight CVT from concrete. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* 2016;1(1):288-293. (In Russ.).
5. Bondarovich AI, Batyanovskii AI. Research of heat resistance and thermal stability of concrete on porous fillers and fillers from dense rocks. *Problemy sovremennogo betona I zhelezobetona = Contemporary Issues of Concrete and Reinforced Concrete*. 2017;9:113-128. (In Russ.). https://doi.org/10.23746/2017-9-8.
6. Bugaevskii SA. The use of self-compacting concrete in the technology of construction of lightweight reinforced concrete floors. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta = Bulletin of Kharkiv National Automobile and Highway University*. 2015;69:79-90. (In Russ.).
7. Akulova MV, Isakulov BR, Dzhumabaev MD, Toleuov TZh. Getting lightweight concrete arbolit the based binder of cement, fly ash and sludge and organic filler from the shell of a walnut. *Naukovedenie*. 2016;8(4):7. (In Russ.).
8. Bazhenov YuM, Korolev EV, Samoshin AP, Koroleva OV. Selection of aggregate for radiation-shielding concretes of variatropic-frame structure. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo = Regional architecture and construction*. 2009;1:9-13. (In Russ.).
9. Ledenev AA, Pertsev VT, Kalach AV, Zagoruiko TV, Donets SA, Kalach EV. Management of fire resistance of ferro-concrete designs variational of structure. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova =* Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016;4:16-22. (In Russ.).
10. Rylova TS, Lakhtarina SV, Egorova EV. Lightweight structural concrete with an increased coefficient of structural quality. *Vestnik Donbasskoi natsional'noi akademii stroitel'stva i arkhitektury = Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2018;4-2(132):221-226. (In Russ.).
11. Al Zand AW, Hosseinpour E, Badaruzzaman WHW, Ali MM, Yaseen ZM, Hanoon AN. Performance of the novel C-purlin tubular beams filled with recycled-lightweight concrete strengthened with CFRP sheet. *Journal of Building Engineering*. 2021;43:102532. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102532.
12. Abd Elrahman M, Sikora P, Chung SY, Stephan D. The performance of ultra-lightweight foamed concrete incorporating nanosilica. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2021;21:79. https://doi.org/10.1007/s43452-021-00234-2.
13. Huynh T-P, Pham V-H, Do N-D, Nguyen T-C, Ho N-T. Performance evaluation of pre-foamed ultra-lightweight composites incorporating various proportions of slag. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2021;65(1):276-286. https://doi.org/10.3311/PPci.16996.
14. Gavrilov AV, Aloyan KD, Dobrokhotov VB, Pridatko YuM. Improvement of extracting technology of lightweight concrete. *Shest'desyat vos'maya vserossiiskaya nauchno-tekhnicheskaya*

konferentsiya studentov, magistrantov i aspirantov vysshikh uchebnykh zavedenii s mezhdunarodnym uchastiem: sbornik materialov konferentsii (Yaroslavl', 22nd April 2015). Yaroslavl': YSTU; 2015. p. 765-767.

15. Begich YE, Klyuev SV, Jos VA, Cherkashin AV. Fine-grained concrete with various types of fibers. *Magazine of Civil Engineering*. 2020;97:123. https://doi.org/10.18720/MCE.97.2.

16. Semenyuk SD, Moskal'kova YuG. Calculation method for the formation of microcracks taking into account the density of claydite concrete. *Nauchnyi zhurnal stroitel'stva i arkhitektury = Russian journal of building construction and architecture*. 2018;4(52):129-136. (In Russ.). https://doi.org/10.25987/VSTU.2018.52.4.012.

17. Chernykh DS, Stroev DA, Chernil'nik AA, El'shaeva DM, Zherebtsov YuV, Dotsenko ND. Dependence of structural and stress-strain variatropic efficiency coefficients of spun concrete on grain size composition of coarse aggregate. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(3):470-479. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-470-479.

18. Mailyan LR, Stel'makh SA, Shcherban' EM, Khalyushev AK, Smolyanichenko AS, Sysoev AK, et al. Investigation of integral and differential characteristics of variatropic structure heavy concretes by ultrasonic methods. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021;11(8):3591. https://doi.org/10.3390/app11083591.

19. Mailyan LR, Beskopylny AN, Meskhi B, Stel'makh SA, Shcherban EM, Ananova O. Optimization of Composition and Technological Factors for the Lightweight Fiber-Reinforced Concrete Production on a Combined Aggregate with an Increased Coefficient of Structural Quality. *Applied Sciences*. 2021;11(16):7284. https://doi.org/10.3390/app11167284.

20. Stel'makh SA, Shcherban' EM, Beskopylny AN, Mailyan LR, Meskhi B, Butko D, et al. Influence of Composition and Technological Factors on Variatropic Efficiency and Constructive Quality Coefficients of Lightweight Vibro-Centrifuged Concrete with Alkalized Mixing Water. *Applied Sciences.* 2021;11(19):9293. https://doi.org/10.3390/app11199293.

21. Shcherban EM, Prokopov AYu, Stelmakh SA, Shuyskiy AI. Effect of Disperse Reinforcement on the Structural Quality Factor of Vibrated and Centrifuged Concretes on the Combined Aggregate. *Materials Science Forum.* 2019;974:283-287. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.974.283.

22. Yavruyan KhS, Kholodnyak MG, Shuiskii AI, Stel'makh SA, Shcherban' EM. The influence of some prescription-technological factors on properties of non-autoclave aerated concrete. *Inzhenernyj vestnik Dona = Engineering journal of Don*. 2015;4:93. (In Russ.).

Информация об авторах

Смоляниченко Алла Сергеевна,
доцент,
Донской государственный технический университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: arpis-2006@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1664-2986

Чернильник Андрей Александрович,
аспирант,
Ростовский государственный университет путей сообщения,
344038, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2, Россия,
инженер,
Донской государственный технический университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: chernila_a@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0103-2587

Information about the authors

Alla S. Smolyanichenko,
Associate professor,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: arpis-2006@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1664-2986

Andrei A. Chernil'nik,
Graduate student,
Rostov State Transport University,
2 Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Square, Rostov-on-Don, 344038, Russia,
engineer,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: chernila_a@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0103-2587

Ельшаева Диана Михайловна,
магистрант,
Донской государственный технический университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: diana.elshaeva@yandex.ru,
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-8086-6300

Жеребцов Юрий Владимирович,
магистрант,
Донской государственный технический университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
✉e-mail: yuri.zherebtsov@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6162-0049

Доценко Наталья Александровна,
магистрант,
Донской государственный технический университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7829-6401

Самофалова Мария Сергеевна,
магистрант,
Донской государственный технический университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: mary.ss17@yandex.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9950-8696

Смачный Владислав Юрьевич,
магистрант,
Донской государственный технический университет,
344022, г. Ростов-на-Дону,
ул. Социалистическая, 162, Россия,
e-mail: smachney87@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0771-1406

Diana M. El'shaeva,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: diana.elshaeva@yandex.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8086-6300

Yuriy V. Zherebtsov,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
✉e-mail: yuri.zherebtsov@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6162-0049

Natal'ya A. Dotsenko,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: natalya_1998_dotsenko@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7829-6401

Mariya S. Samofalova,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: mary.ss17@yandex.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9950-8696

Vladislav Yu. Smachney,
Undergraduate,
Don State Technical University,
162 Sotsialisticheskaya St., Rostov-on-Don,
344022, Russia,
e-mail: smachney87@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0771-1406

Вклад авторов

Смоляниченко А. С., Чернильник А. А., Ельшаева Д. М., Жеребцов Ю. В., Доценко Н. А., Самофолова М. С., Смачный В. Ю. имеют равные авторские права. Жеребцов Ю. В. несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Smolyanichenko A. S., Chernil'nik A. A., El'shaeva D. M., Zherebtsov Yu. V., Dotsenko N. A., Samofalova M. S., Smachnyi V. Yu. have equal author’s rights. Zherebtsov Yu. V. bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 12.10.2021.
Одобрена после рецензирования 10.11.2021.
Принята к публикации 12.11.2021.

The article was submitted 12.10.2021.
Approved after reviewing 10.11.2021.
Accepted for publication 12.11.2021.

Научная статья
УДК 504.75.05
http://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-674-689

Экологические аспекты в строительстве. Решение экологических задач при строительстве ряда автономных объектов

Дмитрий Владимирович Спицов[1]✉, Алексей Вячеславович Саймуллов[2], Алексей Германович Первов[3]
[1,2,3]Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия
[1]SpitsovDV@mgsu.ru✉
[2]al.saimul@yandex.ru
[3]ale-pervov@yandex.ru

Аннотация. Целью работы является экспериментальная оценка и доказательство возможности сокращения расходов стоков систем водоподготовки, а также ливневых и бытовых стоков до объемов, позволяющих вывоз их автотранспортом, что позволило бы избежать загрязнения окружающей среды и затрат на строительство водоотводящих сетей. В работе описаны основные экологические проблемы, часто возникающие при организации систем водоснабжения и водоотведения новых строящихся объектов, удаленных от водоотводящих сетей. Рассмотрены новые мембранные технологии обратного осмоса и нанофильтрации, позволяющие обеспечить высокое качество очищенной воды как при подготовке питьевой и технической воды, так и при очистке сточных вод, делающие возможным повторное использование последних в технических целях. Основное преимущество новых технологий состоит в возможности значительного сокращения расходов воды на собственные нужды установок, что позволяет отказаться от сбросов в канализацию. В исследовании представлены технологические схемы и эксперименты, демонстрирующие возможности снижения объема концентратов. Предложены технологии для строящихся жилых комплексов, позволяющие создать автономные системы водоснабжения и вывоза отходов (стоков и осадков) автотранспортом. При этом объемы отходов не превышают 0,5 % от объемов воды, потребляемой для хозяйственно-питьевых нужд. Описанный подход к созданию систем водоснабжения и очистки сточных вод может быть использован при создании систем водного хозяйства объектов, удаленных от водопроводных и канализационных сетей, а также водоемов, в которые может быть осуществлен сброс очищенных сточных вод. Очищенная с применением обратного осмоса сточная вода может использоваться для подпитки сети оборотного водоснабжения (охлаждения оборудования) и полива зеленых насаждений.

Ключевые слова: обратный осмос, нанофильтрация, канализационные сети, подземные водозаборы, очистка сточных вод, повторное использование сточных вод, утилизация концентратов установок обратного осмоса

Для цитирования: Спицов Д. В., Саймуллов А. В., Первов А. Г. Экологические аспекты в строительстве. Решение экологических задач при строительстве ряда автономных объектов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 674–689. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-674-689.

Original article

Environmental aspects in construction. Environmental management in constructing autonomous facilities

Dmitry V. Spitsov[1]✉, Aleksei V. Saimullov[2], Alexey G. Pervov[3]
[1,2,3]Moscow State University of Civil Engineering (MGSU), Moscow, Russia
[1]SpitsovDV@mgsu.ru✉
[2]al.saimul@yandex.ru
[3]ale-pervov@yandex.ru

Abstract. The present work provides an experimental assessment and proves the possibility of reducing wastewater flow rates in water treatment systems, as well as storm and household sewage, to volumes allowing their inland transportation, which would help avoid environmental pollution and costs associated with building drainage networks. The paper describes major environmental problems that often arise while establishing water supply and drainage systems at new facilities under construction, remote from drainage networks. New reverse osmosis and nanofiltration membrane technologies are considered that ensure high-quality purification of both drinkable and process water and wastewater treatment, allowing the latter to be reused for technical purposes. The main advantage of new technologies comprises a significant reduction in water consumption for the balance-of-plant needs, which allows discharges to sewers to be avoided. The study provides process diagrams and experiments demonstrating the possibilities of reducing the volume of concentrates. Technologies for residential building sites are proposed, offering a possibility of designing autonomous systems of water supply and discharge (runoffs and sediments) by vehicles. Furthermore, the volume of wastewater is less than 0.5% of that of water consumed for drinking needs. The described approach to designing water supply and wastewater treatment systems can be used for developing waterworks systems at facilities remote from water supply and sewerage networks, as well as reservoirs where treated wastewater can be discharged. Wastewater purified by reverse osmosis can be used for feeding the recycling water supply network (equipment cooling) and green spaces irrigation.

Keywords: reverse osmosis, nanofiltration, sewerage, ground water intakes, wastewater treatment, wastewater reuse, reverse osmosis facilities concentrate handling

For citation: Spitsov D. V., Saimullov A. V., Pervov A. G. Environmental aspects in construction. Environmental management in constructing autonomous facilities. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):674-689. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-674-689.

Введение

При подготовке строительных объектов важное значение имеют экологические вопросы: отсутствие стоков, энергосбережение, ресурсосбережение, отсутствие дополнительных работ, безопасность здоровья населения.

Серьезную проблему при строительстве и вводе новых объектов представляет обеспечение водой (подключение к водопроводным сетям), подключение к водоотводящим сетям, организация систем очистки ливневых стоков. Большое значение приобретает автономное снабжение объекта водой и очистка стоков на месте.

Основными источниками загрязнения окружающей среды объекта являются:

– бытовые сточные воды;

– ливневые сточные воды автостоянок и АЗС, содержащие нефтепродукты;

– сточные воды (воды на «собственные нужды» систем водоподготовки, подготовки питьевой воды, подготовки воды для теплосетей систем отопления и подготовки горячей воды, а также контуров систем охлаждения и кондиционирования воздуха).

Создание бессточных и оборотных систем повторного использования воды в последние годы стало возможным благодаря применению метода обратного осмоса, обеспечивающего универсальную очистку от органических веществ, нефтепродуктов, минеральных солей, ионов жесткости, железа и аммония. Поэтому при создании систем водного хозяйства автономных объектов мембраны могут быть эффективно использованы как для целей подготовки питьевой и технической воды, так и для целей очистки сточных вод, бытовых и ливневых стоков [1]. Однако, несмотря на известную эффективность, технологии обратного осмоса имеют ограниченное применение при очистке сточных вод. Это связано с наличием «побочных продуктов» – концентратов, которые необходимо утилизировать. Настоящая работа предлагает результаты новых исследований, проведенных на кафедре водоснабжения и водоотведения НИУ МГСУ с целью радикального сокращения расходов концентратов систем мембранной очистки воды до величин, не превышающих 0,2–1 %.

Цель настоящей работы – экспериментальная оценка и доказательство возможности сокращения стоков систем водоподготовки, а также ливневых и бытовых стоков до объемов, позволяющих вывоз их автотранспортом, что позволит избежать загрязнения окружающей среды и затрат на строительство водоотводящих сетей.

Опыт проведения экспериментальных работ и внедрения мембранных установок показывает, что возможности установок обратного осмоса ограничены: снижение объема концентрата затрудняется присутствием в нем органических веществ, увеличивающих осмотическое давление, а также ионов кальция, вызывающих осадкообразование на мембранах.

Ранее проведенные экспериментальные работы по сокращению расходов концентратов показали, что селективности по одновалентным ионам, двухвалентным ионам и органическим веществам отличаются. Это подсказывает направление исследований: разделить сточные воды на различные составляющие (раствор органических веществ, растворы солей) и концентрировать, разделять и утилизировать концентраты и стоки раздельно [2]. В настоящей работе приводятся разработанные авторами решения, подготовленные для объектов Газпрома (поселения при повысительных насосных станциях), которые требуют воды для водоснабжения (питьевого и технического, подпитки систем охлаждения насосного оборудования, а также отопления), очистки бытовых сточных вод, очистки сточных вод, продувки систем охлаждения, очистки ливневых стоков площадок хранения и мойки автотранспорта, площадок хранения горюче-смазочных материалов и заправок. Аналогичные задачи выполнены при строительстве и эксплуатации поселков сотрудников нефтегазодобывающих отраслей с решением проблем водоснабжения и водоотведения, расположенных в местах, удаленных от водоисточников. Такой же подход может быть использован при вводе новых поселений и микрорайонов, удаленных от городских сетей [3–5].

Сущность подхода заключается в следующем:

– использование мембранных установок обратного осмоса для подготовки питьевой воды, с применением подземных водозаборов и с утилизацией концентрата установок;

– использование установок обратного осмоса с утилизацией концентратов для подготовки воды для горячего водоснабжения;

– применение систем обратного осмоса для очистки бытовых сточных вод, которые могут быть повторно использованы для технических целей: подпитки теплосетей и систем отопления, оборотных систем охлаждения и кондиционирования воздуха; систем полива зеленых насаждений;

– применение установок обратного осмоса для очистки ливневых вод;

– использование новых разработанных систем для сокращения расходов сточных вод (концентратов) с целью упрощения их утилизации: выделение осадков малорастворимых солей, концентратов органических веществ, солей аммония.

Описываемые мероприятия направлены на снижение расходов сточных вод и загрязнения окружающей среды, создание безотходных систем, сокращение стоков до минимальных объемов, делающих рациональным их вывоз на сооружения очистки сточных вод [6, 7].

Для достижения цели настоящей работы были проведены демонстрационные эксперименты, позволяющие радикально сократить расходы стоков (концентратов установок обратного осмоса) систем, используемых для водоподготовки и очистки сточных вод, за счет выделения из концентратов осадков малорастворимых солей и разделения их на высококонцентрированные растворы органических веществ и минеральных солей [8].

Методы

В работе представлены результаты экспериментов, позволяющих уменьшить расходы концентратов установок, используемых для водоподготовки и очистки сточных вод:

– сокращение расхода концентрата установок очистки подземной воды за счет удаления из него малорастворимых солей (карбоната кальция, гидроокиси магния и сульфата кальция) с получением шлама и концентрата с солесодержанием 100 г/л и выше, составляющих менее 1 процента расхода воды для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения в жилых зданиях;

– очистка бытовых сточных вод с применением установки обратного осмоса: эксперименты по повышению эффективности очистки от аммония и других биогенных элементов и загрязнений;

– определение количества ступеней очистки для получения заданного качества воды, пригодной для ее сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения и для повторного использования в технических целях;

– экспериментальное определение максимально возможного сокращения расхода концентрата;

– разделение концентрата на раствор органических соединений и солевой концентрат;

– экспериментальное разделение стоков установок районных тепловых станций для подпитки воды для теплосетей больших расходов с целью утилизации стоков.

Было проведено три экспериментальных программы, ставящих целью не только получить очищенную воду для питьевого или технического водоснабжения, но и максимально

утилизировать отходы – концентраты мембранных установок.

Были экспериментально исследованы:

– очистка подземных вод методами обратного осмоса и нанофильтрации и сокращение расхода концентрата мембранных установок путем удаления/осаждения из концентрата карбоната кальция с доведением концентрации солей до 190–150 граммов на литр;

– очистка бытовых сточных вод методом обратного осмоса с радикальным сокращением концентрата до величины, не превышающей 0,3–0,5 % от расхода сточной воды. Использовалась специально разработанная методика, позволяющая разделить концентрат на два концентрированных раствора: органических веществ и минеральных солей (в основном, солей аммония), которые могут быть утилизированы раздельно: раствор органических веществ утилизируется совместно с обезвоженным осадком взвешенных веществ, а раствор солей аммония может использоваться при производстве удобрений.

Экспериментальная методика по оценке возможности сокращения расхода концентрата установок обратного осмоса путем выделения из него карбоната кальция и схема экспериментальной установки показаны на рис. 1.

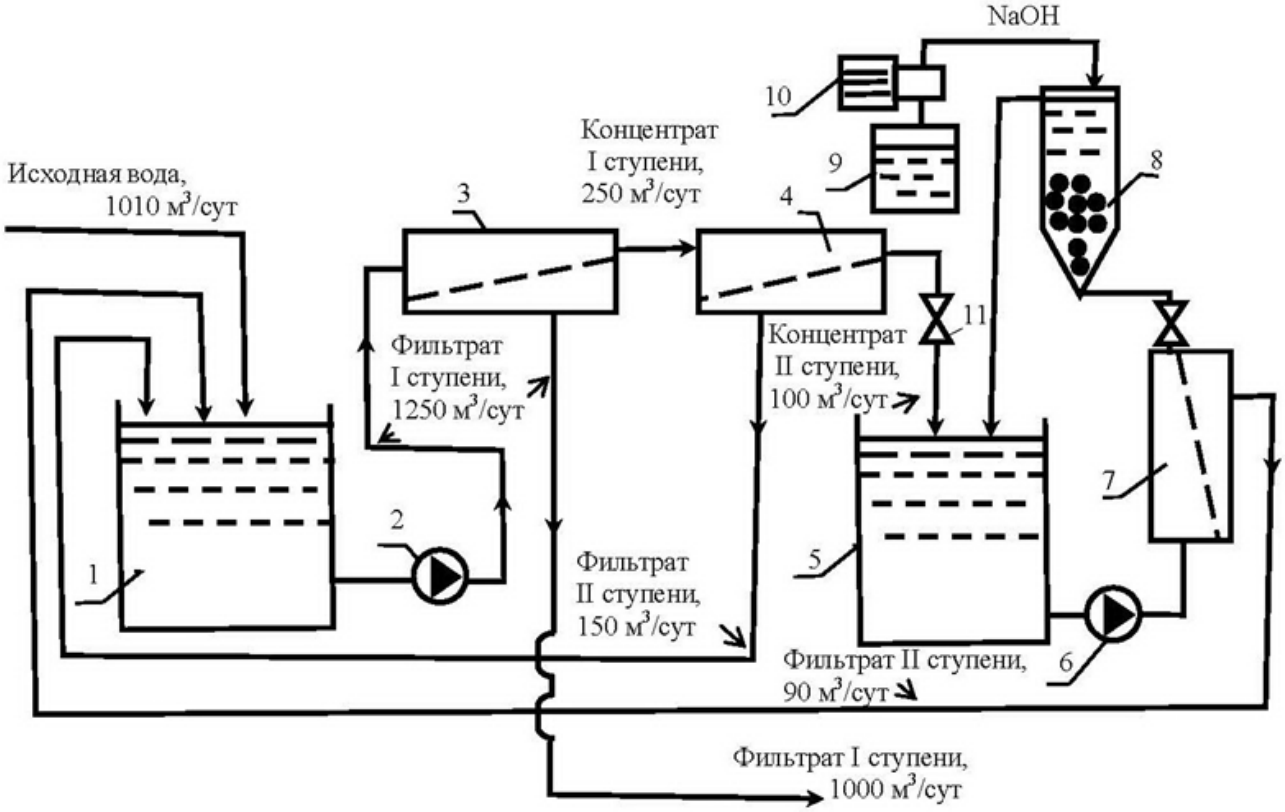


Рис. 1. Схема пилотной установки для снижения расхода концентрата установки обратного осмоса: *1* – резервуар исходной воды (после предочистки, обезжелезивания и добавления ингибиторов); *2* – рабочий насос высокого давления; *3* – аппарат обратного осмоса первой ступени; *4* – аппарат нанофильтрации второй ступени; *5* – сборный бак концентрата второй ступени; *6* – рабочий насос второй ступени; *7* – нанофильтрационный аппарат-«концентратор» третьей ступени; *8* – реактор-отстойник с «затравочными» кристаллами; *9* – бак с едким натром; *10* – насос-дозатор едкого натра; *11* – регулирующий вентиль

Fig. 1. Scheme of a pilot plant to reduce the consumption of the reverse osmosis plant concentrate: *1* – reservoir of source water (after pretreatment, deferrization and addition of inhibitors); *2* – working high pressure pump; *3* – first stage reverse osmosis apparatus; *4* – second stage nanofiltration apparatus; *5* – collecting tank of the second stage concentrate; *6* – working pump of the second stage; *7* – nanofiltration apparatus -"concentrator" of the third stage; *8* – reactor-settler with "seed" crystals; *9* – caustic soda tank; *10* – caustic soda dosing pump; *11* – control valve

Экспериментальные исследования проводились с применением водопроводной воды. Использовались мембранные элементы моделей RE-1812-100 с обратноосмотическими мембранами типа BLN и нанофильтрационными мембранами типа 70 NE производства корейской компании *CSM*. Затравочные кристаллы приготовлялись путем добавления едкого натра в концентрат установки обратного осмоса. Для этого 300 мл однонормального (1N) раствора наливали в 10 литров концентрата (сконцентрированной в 5 раз водопроводной воды).

Определение ионов кальция и магния проводилось с помощью трилонометрического титрования. Определение величины общего солесодержания в концентрате и пермеате проводилось с помощью портативного *TDS*-метра. Исходная вода подавалась в бак *1* емкостью 100 л, откуда насосом *2* подавалась в мембранный элемент *3* с мембранами обратного осмоса. Объем концентрата доводился до 20 литров, что соответствовало значению коэффициента снижения объема исходной воды *K* (отношению объемов исходной воды в баке *1* и полученного в конце эксперимента концентрата), равному 5. После окончания цикла концентрирования исходной воды в бак *1* подавался раствор едкого натра в количестве, эквивалентном величине общей жесткости. После выпадения осадка взвесь отстаивалась и помещалась в бак-реактор *8*. В процессе работы установки определялись значения коэффициента снижения объема *K*. После этого эксперимент повторялся: с помощью кранов-переключателей *11* аппарат *3* заменялся на аппарат *4*, с применением нанофильтрационных мембран 70NE объем концентрата снижался в 2 раза, получался объем 10 л. Концентрат из бака *5* насосом *6* подавался в аппарат третьей ступени *7*. Из аппарата *7* концентрат направлялся в реактор *8* и после прохода через реактор возвращался в бак *5*.

При прохождении концентрата через реактор карбонат кальция осаждался на затравочных кристаллах, и концентрация ионов кальция в концентрате снижалась на эквивалентное количество удаленного из воды карбоната кальция. В начале эксперимента объем исходной воды снижался в 4 раза (что соответствовало значению коэффициента *K*, равному 4). При этом использовались мембраны обратного осмоса типа BLN. Далее снижение объема исходной воды в баке *1* производилось до достижения значения *K* = 10 с применением нанофильтрационных мембран.

Результаты экспериментов по накоплению осадка на «затравке» представлены на рис. 2. На рис. 2 *a* показано изменение концентрации кальция в зависимости от значения коэффициента снижения объема *K*.

Для сравнения на данном графике показано также изменение концентрации кальция при проведении эксперимента с применением мембран 70 NE без контакта концентрата с кристаллами «затравки».

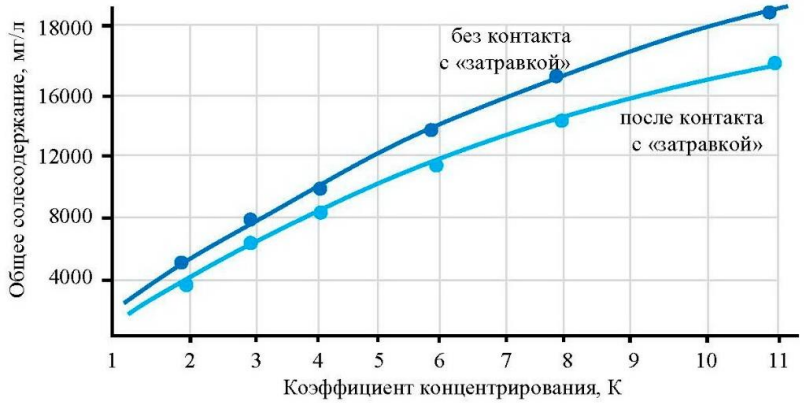
На рис. 2 *b* показано изменение величины общего солесодержания концентрата, рассчитанное с учетом количества осажденного карбоната кальция от значения коэффициента *K*. Результаты определения осажденных на кристаллах «затравки» количеств карбоната кальция и гидроокиси магния от значения коэффициента *K* показаны на рис. 2 *c*.

Как известно, метод обратного осмоса эффективно используется для доочистки сточных вод. Проблему утилизации концентрата предложено решать с помощью сокращения его расхода [3]. Однако достичь высоких значений коэффициента *K* (малых объемов концентрата, позволяющих его утилизировать) оказывается сложно: наличие органических веществ затрудняет концентрирование и снижает производительность мембран за счет прироста осмотического давления раствора.

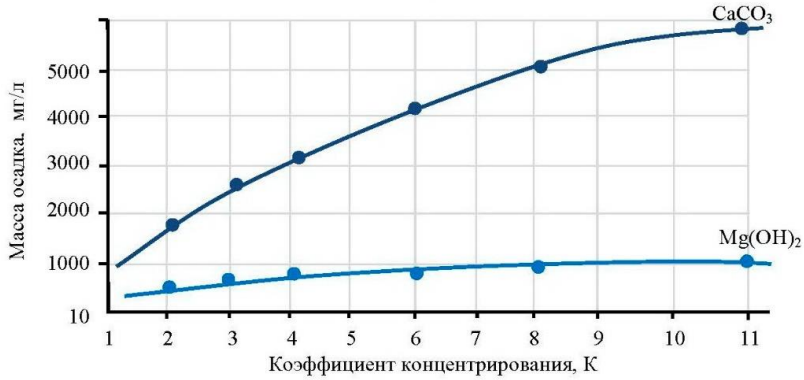
Представляет интерес отделение органических веществ от неорганических солей, в основном солей аммония, в сточных водах, а также одновалентных ионов от двухвалентных [9]. Такие попытки предпринимались рядом авторов с использованием процесса нанофильтрации, с применением электродиализа, отделения органических веществ за счет экстракции и реагентного осаждения. Сокращение расходов концентратов ведется на основе процессов ZLD (*Zero Liquid Discharge*) за счет применения процессов реагентного умягчения и выпаривания [10–12].

В настоящей работе разработан и экспериментально опробован новый технологический «прием», позволяющий провести отделение органики от растворенных ионов и разделить ионы в зависимости от их валентностей, а также получить высококонцентрированные растворы, используя только мембраны обратного осмоса.

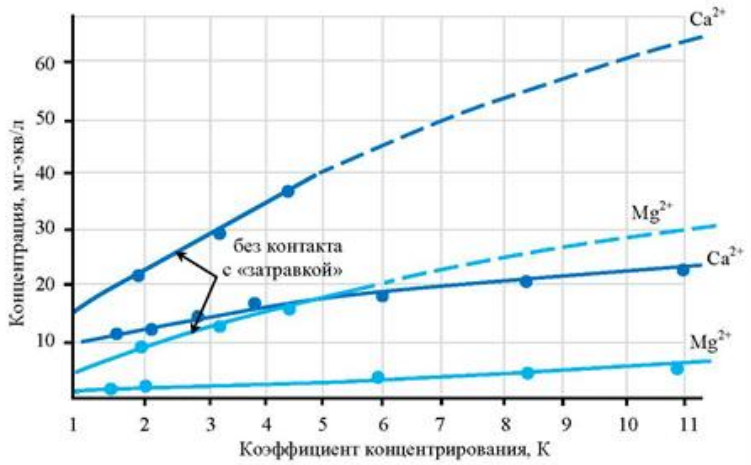
При проведении экспериментов по очистке сточных вод давно было замечено, что селективности нанофильтрационных мембран по различным загрязнениям сильно отличаются. В экспериментах использовался концентрат установки обратного осмоса, полученный при обработке сточной воды после первичных отстойников станции очистки сточных вод г. Нарофоминска, МО.



a



b



c

Рис. 2. Результаты экспериментов по накоплению карбоната кальция и гидроокиси магния на третьей ступени очистки: *a* – зависимости концентраций ионов кальция и магния в концентрате установки третьей ступени от величины *K*; *b* – зависимости величины общего солесодержания от значения коэффициента снижения объема *K* на третьей ступени; *c* – зависимости количеств образовавшихся осадков карбоната кальция и гидроокиси магния на «затравке» в реакторе от величины *K*

Fig. 2. The results of experiments on the accumulation of calcium carbonate and magnesium hydroxide at the third stage of purification: *a* – the dependence of the concentrations of calcium and magnesium ions in the concentrate of the third stage installation, depending on the value of *K*; *b* – the dependence of the value of the total salt content on the value of the volume reduction factor K at the third stage; *c* – the dependence of the amounts of the formed precipitation of calcium carbonate and magnesium hydroxide on the "seed" in the reactor on the value of *K*

Сточная вода была обработана с применением обратноосмотических мембран и сконцентрирована в 10 раз (*K* = 10). Схема экспериментальной установки показана на рис. 3.

Исходная вода (концентрат) помещалась в бак *2*, откуда насосом *3* подавалась в аппарат с нанофильтрационными мембранами, при этом до 90 % органических веществ, определяющих значение химического потребления кислорода (ХПК), задерживались мембраной.

Концентрат после обработки возвращался обратно в бак *2*, а пермеат (не содержащий органических веществ) собирался в баке *6*.

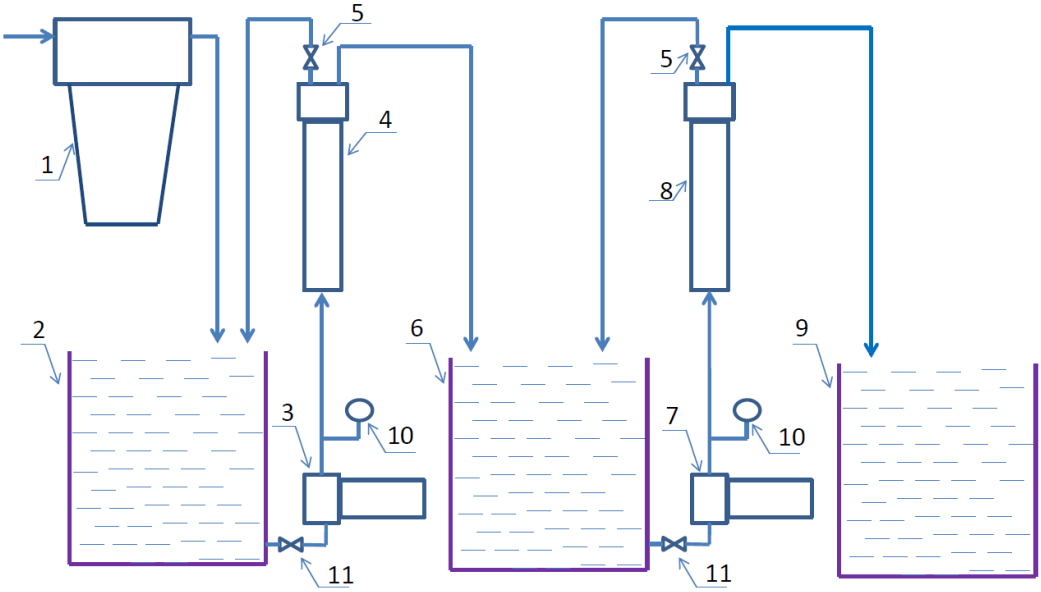


Рис. 3. Схема проведения эксперимента.
1 – патронный фильтр, *2* – бак исходного концентрата, *3* – рабочий насос первой ступени, *4* – нанофильтрационный аппарат первой ступени, *5* – регулирующий давление вентиль, *6* – бак сбора пермеата первой ступени, *7* – рабочий насос второй ступени, *8* – обратноосмотический элемент второй ступени, *9* – бак сбора пермеата второй ступени, *10* – манометры

Fig. 3. Scheme of the experiment.
1 – cartridge filter, *2* – tank of initial concentrate, *3* – working pump of the first stage, *4* – first stage nanofiltration apparatus, *5* – pressure control valve, *6* – first stage permeate collection tank, *7* – second stage working pump, *8* – second stage reverse osmosis element, *9* – second stage permeate collection tank, *10* – pressure gauges

После завершения цикла пермеат обрабатывался с применением обратноосмотических мембран для получения высококонцентрированного раствора, который оставался в баке *6*, а пермеат после аппарата обратного осмоса направлялся в бак *9*. После завершения цикла в бак *2* добавлялась деминерализованная вода (с величиной удельной электропроводности 15–25 мксм/см) и цикл повторялся [13, 14].

Определение значений ХПК производилось титриметрическим методом. На рис. 4 и 5 представлены результаты определений значений ХПК, а также концентраций ионов кальция и аммония при обработке концентрата установки обратного осмоса после очистки сточных вод. Представлены зависимости значений ХПК, концентраций аммония и кальция от значений коэффициента снижения объема *K* на каждом этапе обработки после разбавления и последующего концентрирования.

Результаты и их обсуждение

Как показано на рис. 2, по мере роста значения коэффициента *K* наблюдается рост кристаллов карбоната кальция и гидроокиси магния. Это связано с тем, что при добавлении едкого натра в концентрат высаживаются как карбонат кальция, так и гидроокись магния [15, 16]. Общая «картина» роста концентраций кальция и магния в аппаратах обратного осмоса первой ступени и в концентратах нанофильтрационных аппаратов в процессе их работы в зависимости от достигаемого значения *K* представлена на рис. 6. Снижение производительности нанофильтрационных аппаратов с ростом величины общего солесодержания концентрата показано на рис. 7.

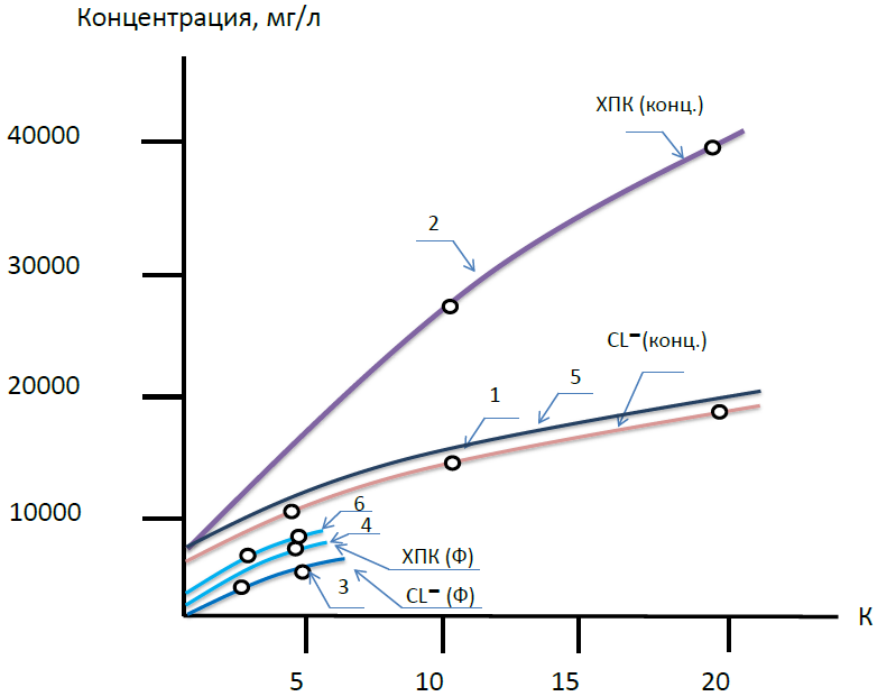


Рис. 4. Зависимость значений концентраций ХПК, хлоридов, аммония от значения коэффициента снижения объема *K* (отношения исходного объема концентрата к объему концентрата в конце эксперимента): *1, 2, 5* – концентрирование исходного концентрата; *3, 4, 6* – значение ХПК, аммония и хлоридов в пермеате

Fig. 4. Dependence of the values of the concentrations of COD, chlorides, ammonium on the value of the volume reduction factor *K* (the ratio of the initial volume of the concentrate to the volume of the concentrate at the end of the experiment): *1, 2, 5* – concentration of the original concentrate; *3, 4, 6* – the value of COD, ammonium and chlorides in the permeate

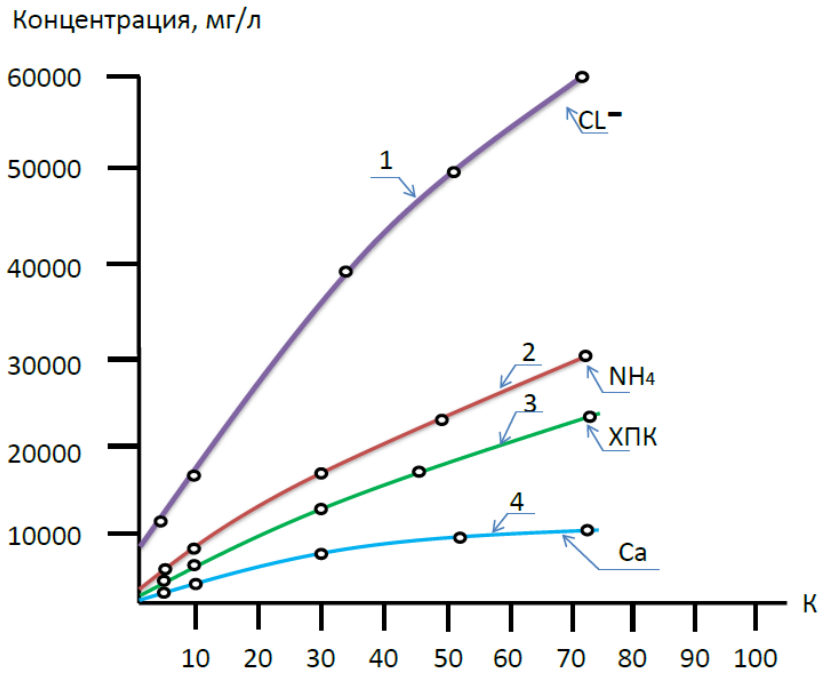


Рис. 5. Концентрации в пермеате после разбавления концентрата. Концентрирование пермеата с целью получения концентрированного раствора хлорида аммония

Fig. 5. Concentration in permeate after concentrate dilution. Concentration of the permeate in order to obtain a concentrated solution of ammonium chloride

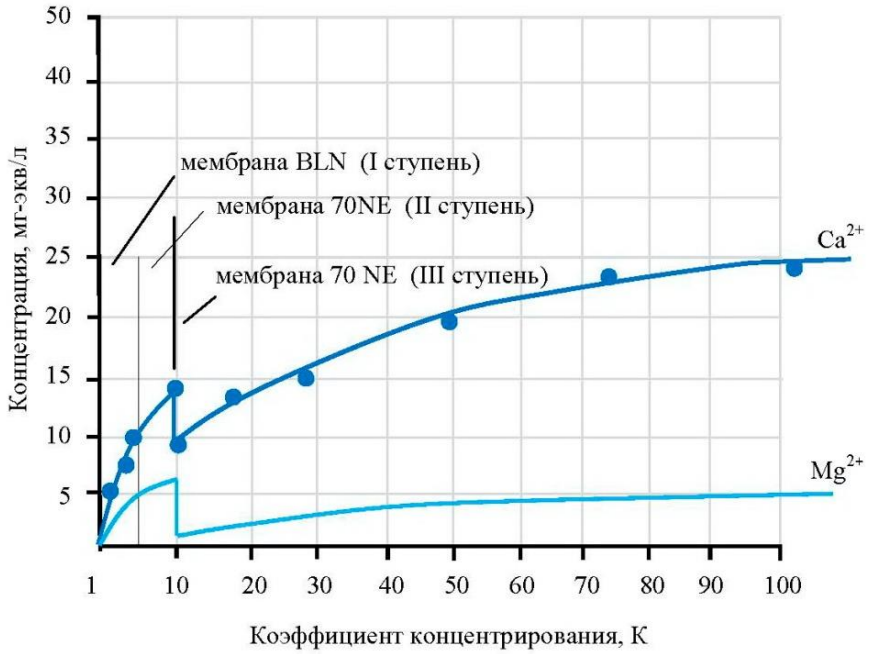


Рис. 6. Изменение концентраций ионов кальция и магния в концентрате установки на каждой ступени в зависимости от значения коэффициента снижения объема *K*

Fig. 6. The change in the concentration of calcium and magnesium ions in the concentrate of the installation at each stage from the value of the volume reduction factor *K*

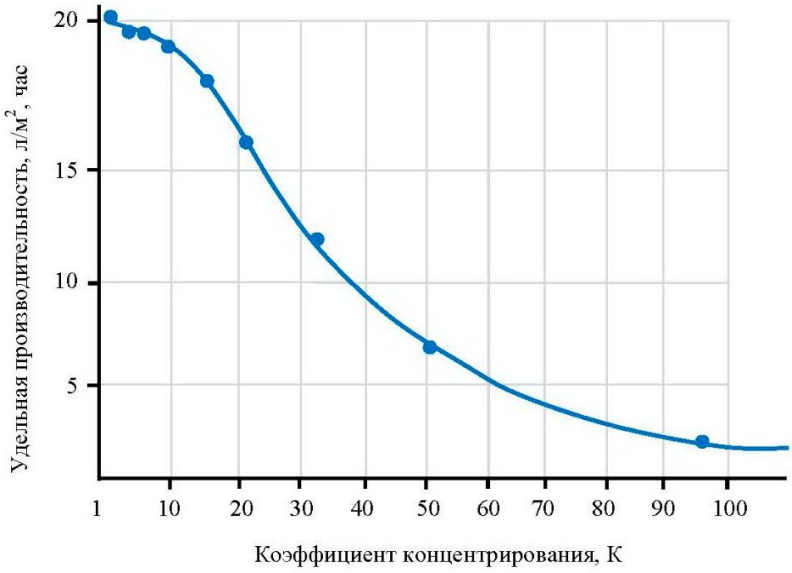


Рис. 7. Снижение удельной производительности мембран 70 NE в процессе обработки концентрата на третьей ступени в зависимости от значения коэффициента снижения объема *K*

Fig. 7. Decrease in the specific productivity of 70 NE membranes during processing of the concentrate at the third stage, depending on the value of the volume reduction factor *K*

Как видно из рис. 8 и 9, по мере разбавления концентрата увеличивается эффективность обработки и концентрирования и возможность снижения объема концентрата с ростом значения коэффициента *K*. На рис. 10 показаны зависимости снижения удельной производительности мембран при обработке концентрата и при обработке концентрата после разбавления. После разбавления процесс концентрирования раствора органических веществ идет намного эффективнее, что позволяет увеличить значение ХПК концентрата с 5000 до 40 000 мг/л, снизив его расход в 20 раз. Пермеат после проведения процессов разбавления и последующего концентрирования может быть также обработан с получени-

ем высоконцентрированных растворов солей натрия и аммония с величиной солесодержания до 80 000 мг/л и деминерализованной воды, используемой для разбавления. Для практического применения разработанных технологий важно определить параметры всех элементов технологической схемы: объемы баков, расходы реагентов, количество мембранных аппаратов на каждой ступени. Принципы разработанной технологии сокращения расхода и утилизации концентрата установок водоподготовки показаны на рис. 10.

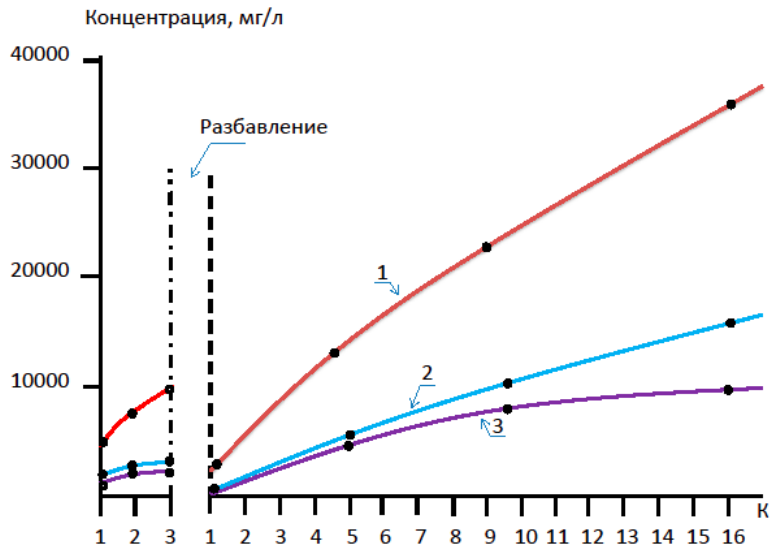


Рис. 8. Зависимость значений концентраций ХПК, хлоридов и аммония от значения коэффициента снижения объема *K* (отношения исходного объема концентрата к объему концентрата в конце эксперимента): *1* – ХПК, *2* – аммоний, *3* – хлориды

Fig. 8. Dependence of the values of the concentrations of COD, ammonium and chlorides on the value of the volume reduction factor *K* (the ratio of the initial volume of the concentrate to the volume of the concentrate at the end of the experiment): *1* – COD, *2* – ammonium, *3* – chlorides

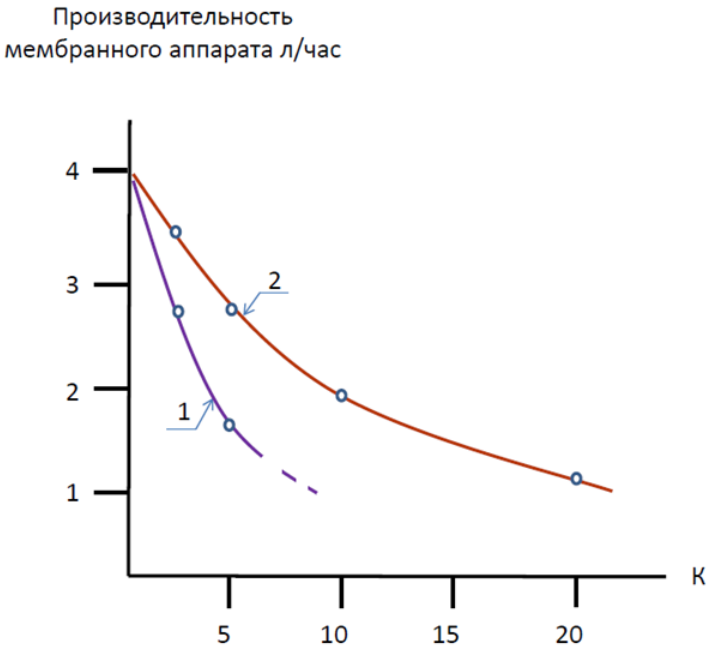


Рис. 9. Снижение производительности мембран в процессе концентрирования:
1 – концентрирование исходного концентрата; *2* – после разбавления

Fig. 9. Decrease in membrane performance during concentration:
1 – concentration of the original concentrate; *2* – after dilution

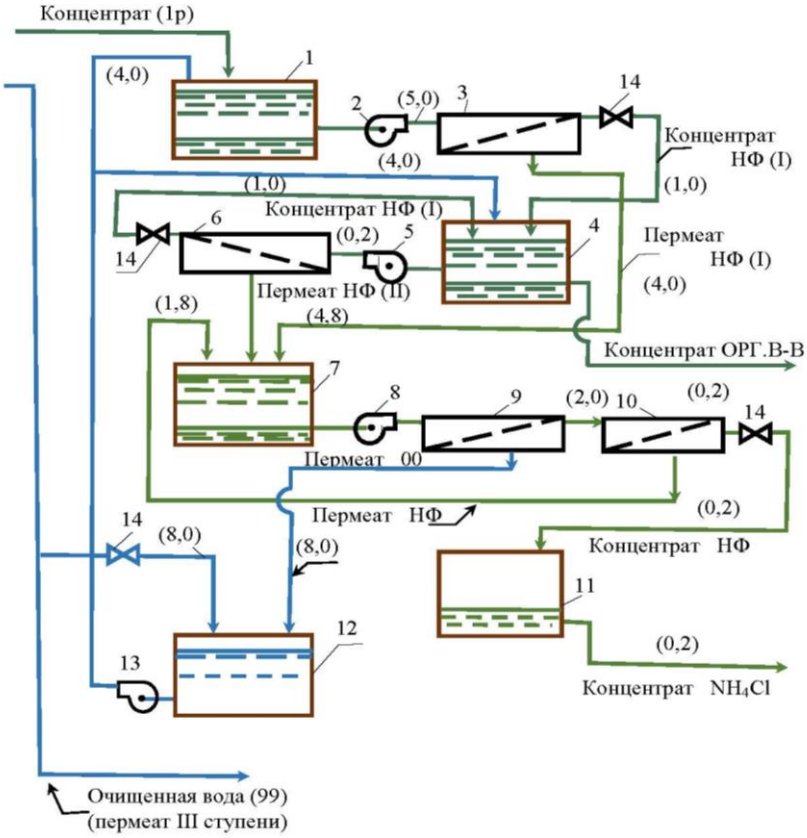


Рис. 10. Схема разделения минерализованных стоков с применением методов нанофильтрации и обратного осмоса с указанием расходов:
1 – приемный резервуар стока и воды для разбавления первого цикла; *2* – рабочий насос первой ступени; *3* – мембранный аппарат первой ступени с нанофильтрационными мембранами; *4* – бак сбора концентрата первой ступени и разбавления второго цикла; *5* – насос подачи на аппарат нанофильтрации второго цикла концентрирования; *6* – нанофильтрационный аппарат второго цикла концентрирования; *7* – бак сбора пермеата нанофильтрационных аппаратов *3* и *6*; *8* – рабочий насос установки сокращения объема пермеата; *9* – обратноосмотический аппарат сокращения расхода пермеата; *10* – нанофильтрационный аппарат сокращения расхода пермеата; *11* – бак сбора пермеата после его концентрирования; *12* – бак сбора пермеата аппаратов с обратноосмотическими мембранами; *13* – насос подачи пермеата на разбавление; *14* – вентиль

Fig. 10. Scheme for the separation of saline waste using nanofiltration and reverse osmosis methods, indicating the costs:
1 – receiving tank for runoff and water for dilution of the first cycle; *2* – working pump of the first stage; *3* – first stage membrane apparatus with nanofiltration membranes; *4* – tank for collecting concentrate of the first stage and dilution of the second cycle; *5* – pump for feeding the nanofiltration apparatus of the second concentration cycle; *6* – nanofiltration apparatus of the second concentration cycle; *7* – tank for collecting permeate of nanofiltration devices 3 and 6; *8* – working pump of the installation for reducing the volume of permeate; *9* – reverse osmosis apparatus for reducing the consumption of permeate; *10* – nanofiltration apparatus for reducing the consumption of permeate; *11* – tank for collecting permeate after concentration; *12* – tank for collecting permeate from devices with reverse osmosis membranes; *13* – pump for supplying permeate for dilution; *14* – valve

Сокращение объема концентрата в баке *4* происходит непрерывно: в бак *4* поступает концентрат после обработки воды, далее концентрат постоянно проходит аппарат *6*. Пермеат аппарата *6* постоянно отводится и направляется на вход в установку в бак *1*. Таким образом, процесс обработки концентрата заканчивается, когда производительность аппарата *6* становится меньше расхода концентрата, поступающего в бак *4*, когда концентрация солей в концентрате, находящемся в баке *4*, достигает своего максимального значения. Расход едкого натра для создания «затравки» составляет не более 2–2,5 процентов от расхода на реагенты в случае проведения реагентного умягчения, когда щелочь или известь добавляются в воду в стехиометрических количествах. Расчет объемов баков

определяется на основе решения уравнений массового баланса: притока концентрата и отвода пермеата от аппаратов-концентраторов в течение суток. Расход транзитного потока через реактор подбирается в зависимости от времени нахождения в баке-реакторе и скорости восходящего потока во избежание выноса кристаллов из бака-реактора. Объем бака-реактора может подбираться, исходя из заданного объема концентрата, удаляемого из установки 1 раз в сутки, а также исходя из максимально достижимого значения концентрации солей в концентрате. Например, при производительности установки 1000 куб. м в сутки расход концентрата при K = 200 составляет 5 куб. м в сутки, что делает возможным вывоз концентрата с объекта автотранспортом.

Описанный способ сокращения расхода концентрата и выделения из него осадков малорастворимых солей может быть использован и при обработке концентратов установок обратного осмоса, используемых для очистки сточных вод [17]. Однако такая обработка целесообразна после разделения концентрата на раствор органических веществ и солевой раствор в соответствии со схемой, представленной на рис. 3. Как показывают результаты экспериментов по сокращению расходов концентратов после очистки сточных вод, применение дополнительных циклов разбавления и концентрирования незначительно увеличивает затраты на обработку, поскольку после разбавления производительность мембран возрастает. Применение нанофильтрационных мембран значительно упрощает процесс и снижает эксплуатационные затраты. На рис. 11 показана упрощенная схема установки по сокращению расходов концентратов и минерализованных стоков с указанием их расходов, позволяющая разделить стоки на очищенную воду и концентрат органических соединений.

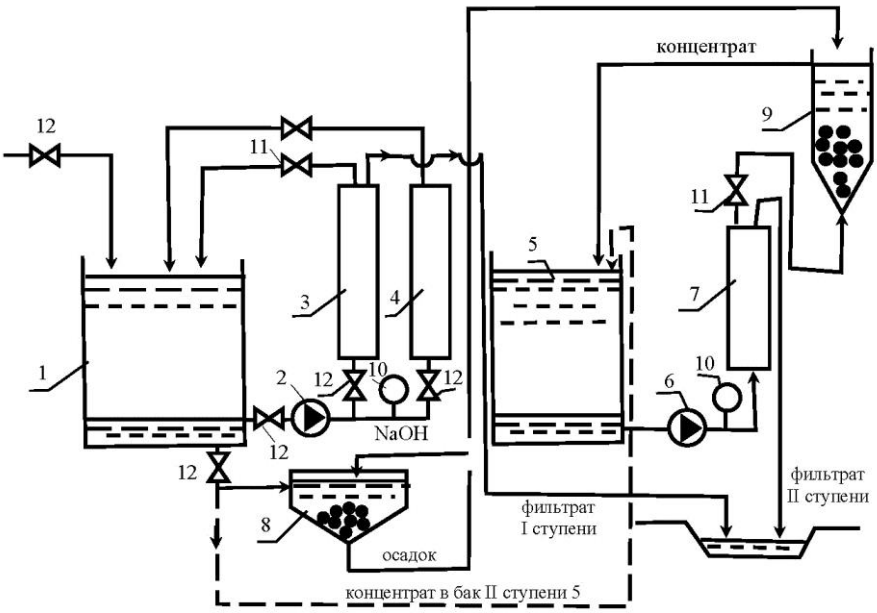


Рис. 11. Технологическая схема снижения расхода концентрата при обработке подземных вод с использованием установки обратного осмоса:
1 – резервуар исходной воды (после предочистки, обезжелезивания и добавления ингибиторов); *2* – рабочий насос высокого давления; *3* – аппарат обратного осмоса первой ступени; *4* – аппарат нанофильтрации второй ступени; *5* – сборный бак концентрата второй ступени; *6* – рабочий насос второй ступени; *7* – нанофильтрационный аппарат-«концентратор» третьей ступени; *8* – реактор-отстойник с «затравочными» кристаллами; *9* – бак с едким натром; *10* – насос-дозатор едкого натра; *11, 12* – регулирующие вентили

Fig. 11. Technological scheme for reducing the consumption of concentrate when treating groundwater using a reverse osmosis unit:
1 – reservoir of source water (after pretreatment, deferrization and addition of inhibitors); *2* – working high pressure pump; *3* – first stage reverse osmosis apparatus; *4* – second stage nanofiltration apparatus; *5* – collecting tank of the second stage concentrate; *6* – working pump of the second stage; *7* – nanofiltration apparatus - "concentrator" of the third stage; *8* – reactor-settler with "seed" crystals; *9* – caustic soda tank; *10* – caustic soda dosing pump; *11, 12* – control valves

Заключение

Описанный подход к созданию систем водоснабжения и очистки сточных вод может быть использован при создании систем водного хозяйства объектов, удаленных от водопроводных и канализационных сетей, а также водоемов, в которые может быть осуществлен сброс очищенных сточных вод. На рис. 12 показана схема питьевого и технического водоснабжения, очистки сточных вод и их повторного использования на насосной станции перекачки газа (предприятия Газпрома). Очищенная с применением обратного осмоса сточная вода используется для подпитки сети оборотного водоснабжения (охлаждения оборудования) и полива зеленых насаждений.

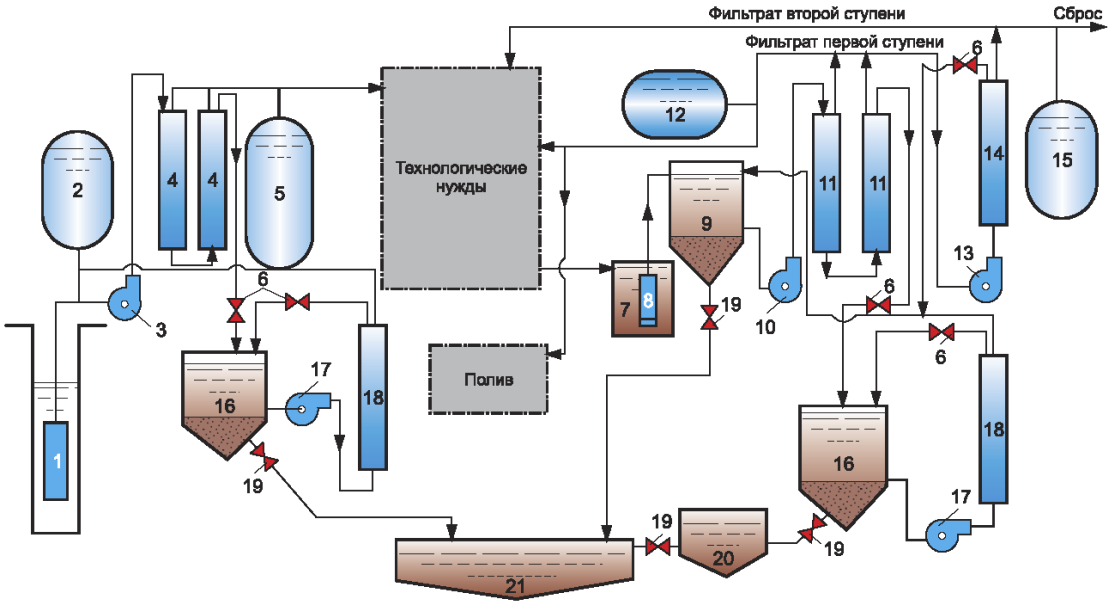


Рис. 12. Технологическая схема комплексного использования систем мембранной очистки для водоподготовки, очистки и повторного использования сточных вод:
1 – скважинный насос; *2* – бак-гидроаккумулятор исходной воды; *3* – рабочий насос установки водоподготовки; *4* – мембранные аппараты водоподготовки; *5* – бак-гидроаккумулятор очищенной воды; *6* – регулирующие вентили; *7* – приямок сбора сточной воды; *8* – насос подачи сточных вод на очистку; *9* – бак-отстойник первой ступени установки очистки сточных вод; *10* – насос первой ступени установки очистки сточных вод; *11* – мембранные аппараты первой ступени; *12* – бак-гидроаккумулятор фильтрата первой ступени; *13* – насос второй ступени; *14* – мембранные аппараты второй ступени; *15* – бак-гидроаккумулятор фильтрата второй ступени; *16* – бак-отстойник концентрата второй ступени; *17* – насос установки концентрирования; *18* – мембранный аппарат установки концентрирования; *19* – краны сброса осадка; *20* – септик; *21* – иловые площадки

Fig. 12. Technological scheme for the integrated use of membrane treatment systems for water treatment, purification and reuse of wastewater:
1 – borehole pump; *2* – source water hydroaccumulator tank; *3* – working pump of the water treatment plant; *4* – membrane water treatment devices; *5* – purified water accumulator tank; *6* – control valves; *7* – waste water collection pit; *8* – pump for supplying wastewater for treatment; *9* – settling tank of the first stage of the wastewater treatment plant; *10* – pump of the first stage of the wastewater treatment plant; *11* – membrane devices of the first stage; *12* – first stage filtrate accumulator tank; *13* – second stage pump; *14* – second stage membrane devices; *15* – second stage filtrate accumulator tank; *16* – second stage concentrate settling tank; *17* – pump of the concentration unit; *18* – membrane apparatus of the concentration unit; *19* – sludge discharge valves; *20* – septic tank; *21* – sludge platforms

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Экспериментально обоснованы возможности получения очищенной воды из подземной и сточной с минимальным расходом воды (не более 0,5–1 % от расхода очищенной воды) на «собственные нужды» станции очистки.

2. Сбросы от установок водоподготовки и очистки сточных вод представляют собой влажные осадки солей (карбоната кальция и сульфата кальция), взвешенных веществ и концентрированные растворы солей хлоридов аммония и натрия.

3. Для сокращения расходов сточных вод использована новая разработанная авторами

технология «разделения» многокомпонентных растворов концентратов на компоненты с применением мембран.

4. Применение разработанных технологий позволяет предотвратить загрязнение окружающей среды сточными водами жилых объектов при их строительстве в удалении от водопроводных и канализационных сетей и осуществлять вывоз малых объемов отходов автотранспортом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Lei Jiang, Yue Tu, Xiangmin Li, Haixiang Li. Application of reverse osmosis in purifying drinking water // E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 38. p. 01037. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183801037.
2. Ghoufi A., Dražević E., Szymczyk A. Interactions of Organics within Hydrated Selective Layer of Reverse Osmosis Desalination Membrane: A Combined Experimental and Computational Study // Environmental Science and Technology. 2017. Vol. 51 (5). p. 2714-2719. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05153.
3. Scholes R. C., Stiegler A. N., Anderson C. M., Sedlak D. L. Enabling Water Reuse by Treatment of Reverse Osmosis Concentrate: The Promise of Constructed Wetlands // ACS Environmental Au. 2021. Vol. 1 (1). p. 7-17. https://doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00013.
4. Ngai Yin Yip, Brogioli D., Hamelers H. V. M., Nijmeijer K. Salinity Gradients for Sustainable Energy: Primer, Progress, and Prospects // Environmental Science and Technology. 2016. Vol. 50 (22). p. 12072-12094. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03448.
5. Marron E. L., Mitch W. A., von Gunten U., Sedlak D. L. A Tale of Two Treatments: The Multiple Barrier Approach to Removing Chemical Contaminants During Potable Water Reuse // Accounts of Chemical Research. 2019. Vol. 52 (3). p. 615-622. https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00612.
6. Mahto A., Mondal D., Polisetti V., Bhatt J., Nidhi M. R., Prasad K., et al. Sustainable Water Reclamation from Different Feed Streams by Forward Osmosis Process Using Deep Eutectic Solvents as Reusable Draw Solution // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017. Vol. 56 (49). p. 14623-14632. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b03046.
7. Yawei Du, Haoran Gu, Xinyu Sun, Huining Deng, Lixin Xie, Yan Liu. Simultaneous Optimization of Size and Operation for Seawater Reverse Osmosis Network with Permeate Split and Interstage Permeate Split Designs // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2021. Vol. 60 (10). p. 4041-4059. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c06163.
8. Pervov A., Xuan Quyet Nguyen. Application of reverse osmosis and nanofiltration techniques at municipal drinking water facilities // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 97. p. 06004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199706004.
9. Pranić M., Kimani E. M., Biesheuvel P. M., Porada S. Desalination of Complex Multi-Ionic Solutions by Reverse Osmosis at Different pH Values, Temperatures, and Compositions // ACS Omega. 2021. Vol. 6 (30). p. 19946-19955. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c02931.
10. Davenport D. M., Deshmukh A., Werber J. R., Elimelech M. High-Pressure Reverse Osmosis for Energy-Efficient Hypersaline Brine Desalination: Current Status, Design Considerations, and Research Needs // Environmental Science and Technology Letters. 2018. Vol. 5 (8). p. 467-475. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.8b00274.
11. Zhangxin Wang, Dejun Feng, Yuanmiaoliang Chen, Di He, Elimelech M. Comparison of Energy Consumption of Osmotically Assisted Reverse Osmosis and Low-Salt-Rejection Reverse Osmosis for Brine Management // Environmental Science and Technology. 2021. Vol. 55 (15). p. 10714-10723. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01638.
12. Cappelle M., Walker W. Sh., Davis T. A. Improving Desalination Recovery Using Zero Discharge Desalination (ZDD): A Process Model for Evaluating Technical Feasibility // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017. Vol. 56 (37). p. 10448-10460. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b02472.
13. Bartholomew T. V., Siefert N. S., Mauter M. S. Cost Optimization of Osmotically Assisted Reverse Osmosis // Environmental Science and Technology. 2018. Vol. 52 (20). p. 11813-11821. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02771.
14. Xianhui Li, Hasson D., Semiat R., Shemer H. Intermediate concentrate demineralization techniques for enhanced brackish water reverse osmosis water recovery – A review // Desalination. 2019. Vol. 466. p. 24-35. https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.05.004.
15. Fengmin Du, Warsinger D. M., Urmi T. I., Thiel G. P., Kumar A., Lienhard V J. H. Sodium Hydroxide Production from Seawater Desalination Brine: Process Design and Energy Efficiency // Environmental Science and Technology. 2018. Vol. 52 (10). p. 5949-5958. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01195.

16. Massons-Gassol G., Gilabert-Oriol G., Johnson J., Arrowood T. Comparing Biofouling Development in Membrane Fouling Simulators and Spiral-Wound Reverse Osmosis Elements Using River Water and Municipal Wastewater // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017. Vol. 56 (40). p. 11628-11633. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b03219.

17. Kaili Zhang, Yuehong Zhao, Hongbin Cao, Hao Wen. Optimization of the Water Network with Single and Double Outlet Treatment Units // Industrial and Engineering Chemistry Research. 2017. Vol. 56 (10). p. 2865-2871. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b04263.

REFERENCES

1. Lei Jiang, Yue Tu, Xiangmin Li, Haixiang Li. Application of reverse osmosis in purifying drinking water. *E3S Web of Conferences*. 2018;38:01037. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183801037.

2. Ghoufi A, Dražević E, Szymczyk A. Interactions of Organics within Hydrated Selective Layer of Reverse Osmosis Desalination Membrane: A Combined Experimental and Computational Study. *Environmental Science and Technology*. 2017;51(5):2714-2719. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b05153.

3. Scholes RC, Stiegler AN, Anderson CM, Sedlak DL. Enabling Water Reuse by Treatment of Reverse Osmosis Concentrate: The Promise of Constructed Wetlands. *ACS Environmental Au*. 2021;1(1):7-17. https://doi.org/10.1021/acsenvironau.1c00013.

4. Ngai Yin Yip, Brogioli D, Hamelers HVM, Nijmeijer K. Salinity Gradients for Sustainable Energy: Primer, Progress, and Prospects. *Environmental Science and Technology*. 2016;50(22):12072-12094. https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03448.

5. Marron EL, Mitch WA, von Gunten U, Sedlak DL. A Tale of Two Treatments: The Multiple Barrier Approach to Removing Chemical Contaminants During Potable Water Reuse. *Accounts of Chemical Research*. 2019;52(3):615-622. https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00612.

6. Mahto A, Mondal D, Polisetti V, Bhatt J, Nidhi MR, Prasad K, et al. Sustainable Water Reclamation from Different Feed Streams by Forward Osmosis Process Using Deep Eutectic Solvents as Reusable Draw Solution. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2017;56(49):14623-14632. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b03046.

7. Yawei Du, Haoran Gu, Xinyu Sun, Huining Deng, Lixin Xie, Yan Liu. Simultaneous optimization of size and operation for seawater reverse osmosis network with permeate split and interstage permeate split designs. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2021;60(10):4041-4059. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c06163.

8. Pervov A, Xuan Quyet Nguyen. Application of reverse osmosis and nanofiltration techniques at municipal drinking water facilities. *E3S Web of Conferences*. 2019;97:06004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199706004.

9. Pranić M, Kimani EM, Biesheuvel PM, Porada S. Desalination of Complex Multi-Ionic Solutions by Reverse Osmosis at Different pH Values, Temperatures, and Compositions. *ACS Omega*. 2021;6(30):19946-19955. https://doi.org/10.1021/acsomega.1c02931.

10. Davenport DM, Deshmukh A, Werber JR, Elimelech M. High-pressure reverse osmosis for energy-efficient hypersaline brine desalination: current status, design considerations, and research needs. *Environmental Science and Technology Letters*. 2018;5(8):467-475. https://doi.org/10.1021/acs.estlett.8b00274.

11. Zhangxin Wang, Dejun Feng, Yuanmiaoliang Chen, Di He, Elimelech M. Comparison of Energy Consumption of Osmotically Assisted Reverse Osmosis and Low-Salt-Rejection Reverse Osmosis for Brine Management. *Environmental Science and Technology*. 2021;55(15):10714-10723. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01638.

12. Cappelle M, Walker WSh, Davis TA. Improving Desalination Recovery Using Zero Discharge Desalination (ZDD): A Process Model for Evaluating Technical Feasibility. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2017;56(37):10448-10460. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b02472.

13. Bartholomew TV, Siefert NS, Mauter MS. Cost Optimization of Osmotically Assisted Reverse Osmosis. *Environmental Science and Technology*. 2018;52(20):11813-11821. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02771.

14. Xianhui Li, Hasson D, Semiat R, Shemer H. Intermediate concentrate demineralization techniques for enhanced brackish water reverse osmosis water recovery – A review. *Desalination*. 2019;466:24-35. https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.05.004.

15. Fengmin Du, Warsinger DM, Urmi TI, Thiel GP, Kumar A, Lienhard V JH. Sodium Hydroxide Production from Seawater Desalination Brine: Process Design and Energy Efficiency. *Environmental Science and Technology*. 2018;52(10):5949-5958. https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01195.

16. Massons-Gassol G, Gilabert-Oriol G, Johnson J, Arrowood T. Comparing Biofouling Development in Membrane Fouling Simulators and Spi-

ral-Wound Reverse Osmosis Elements Using River Water and Municipal Wastewater. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2017;56(40):11628-11633. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b03219.

17. Kaili Zhang, Yuehong Zhao, Hongbin Cao, Hao Wen. Optimization of the Water Network with Single and Double Outlet Treatment Units. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2017;56(10):2865-2871. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b04263.

Информация об авторах

Д. В. Спицов,
кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6252-9485

А. В. Саймуллов,
аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6637-9760

А. Г. Первов,
доктор технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7518-2342

Information about the authors

Dmitriy V. Spitsov,
Cand. Sci (Eng.), Associate Professor of the Department of Water Supply and Water Disposal,
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6252-9485

Aleksei V. Saymullov,
Postgraduate student of the Department of Water Supply and Water Disposal,
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6637-9760

Alexey G. Pervov,
Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Water Supply and Water Disposal,
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University),
26 Yaroslavskoye Shosse, Moscow, 129337, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7518-2342

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 23.09.2021.
Одобрена после рецензирования 20.10.2021.
Принята к публикации 25.10.2021.

The article was submitted 23.09.2021.
Approved after reviewing 20.10.2021.
Accepted for publication 25.10.2021.

Научная статья
УДК 711.4.01
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-690-703

Оценка эффективности градостроительного развития Иркутска методами пространственного синтаксиса

© Тимур Алдарович Дашиев
Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия,
dashiev-timur@mail.ru

Аннотация. Цель работы заключается в проведении топологического анализа города Иркутска, изучении структуры города, выявлении путей повышения социальной эффективности городского функционального зонирования и формировании предложения по его пространственному развитию. Осуществлены анализ и сбор данных в области социологии архитектуры и структуры архитектурного пространства с целью определения градостроительных процессов, которыми архитектор может управлять, а также ресурсов, с помощью которых эти процессы могут осуществляться. Путем применения инструментов методологии пространственного синтаксиса рассмотрены интеграционные свойства осевой карты транспортной сети. Проведен сравнительный анализ интеграционных карт города за 1940 и 2021 гг. с целью определения тенденций развития городской застройки**.** После выявления функциональных зон с наибольшим числом пользователей был сделан вывод об их концентрации в районе исторического центра, центр интеграции же с течением времени увеличился и достиг районов бывших предместий. Ежедневные трудовые миграции подтверждают социальную неэффективность данной ситуации. На основе выявленных интеграционных свойств была проведена типологизация осевых пространств на улицы переднего плана и палисада. Анализу на соответствие интеграционной карте подверглись планы пространственного развития города, опубликованные на портале городской администрации. В итоге было предложено формирование подцентров с высокой концентрацией функций в районе интеграционного центра города и формирование подцентра города Иркутска в микрорайоне Жилкино. Как показало исследование, принятая городом концепция развития не соответствует интеграционным ресурсам.

Ключевые слова: пространственный синтаксис, карта «всеобщего выбора», карта уровня интеграции, устойчивая городская среда, топологические свойства архитектурной среды, социальная эффективность

Для цитирования: Дашиев Т. А. Оценка эффективности градостроительного развития Иркутска методами пространственного синтаксиса // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 690–703. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-690-703.

Original article

Efficiency evaluation of urban planning in Irkutsk using space syntax methods

Timur A. Dashiev
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia,
dashiev-timur@mail.ru

Abstract. The present work presents a topological analysis of Irkutsk, studying its city structure, identifying ways of improving the social efficiency of urban functional zoning and proposals for its spatial development. In order to determine the urban development controlled by an architect, as well as the available resources, the data on the sociology of architecture and the structure of architectural space were collected and analysed. The emergent properties of the axial map for the transport network were evaluated using the tools of spatial syntax. In order to determine trends in urban development, a comparative analysis of city integration maps in 1940 and 2021 was performed**.** It was concluded that functional areas with the most users are concentrated in the historical centre; however, the integration centre expanded over time and reached former suburbs. Daily labour migrations confirm the social inefficiency of

this situation. The identified emergent properties allowed the axial spaces to be classified into streets in the foreground and palisade. The plans for spatial development published on the web page of the city administration were analysed for compliance with the integration map. As a result, forming the sub-centres with high function concentration in the area of the city integration centre, having the Irkutsk sub-centre in the Zhilkino microdistrict, was proposed. The research showed that the development concept adopted in the city fails to meet the integration resources.

Keywords: space syntax, “choice” map, integration level map, sustainable urban environment, topological properties of the architectural environment, social efficiency

For citation: Dashiev T. A. Efficiency evaluation of urban planning in Irkutsk using space syntax methods. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):690-703. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-690-703.

Введение

На языке социологии архитектуры [1] социальные процессы состоят из субъектов процессов – человека или общностей людей, деятельности, отвечающей на вопрос «что они делают?», и среды, отвечающей на вопрос «где эта деятельность осуществляется?». На первый и второй субъекты архитектор и градостроитель опирается в своей профессиональной деятельности, третий они могут прогнозировать, планировать и могут им управлять. Поэтому важно определить роль топологии архитектурного пространства в качестве основного регулятора социальных процессов. В работе М.В. Шубенкова [2] определяются структурные закономерности архитектурного формообразования. Ключевым моментом для текущей работы является роль функции здания, задающая основные направления для развития его структуры. Строительным элементом является «локум» – пустота, наделенная функцией, процессом, который в ней протекает, связями между ними, типология которых определяется принципами формирования устойчивой среды. При увеличении масштаба и уровня функций количество субъектов и текущих процессов многократно увеличивается, и если в рамках одного архитектурного формирования структуры это определено жестко, то при переходе на градостроительный масштаб количество заинтересованных сторон также возрастает, а архитектурная бифуркация пространства приобретает преимущественно эволюционный характер. Прямое управление также возможно, но при этом его результаты могут быть непредсказуемы. При работе с крупными системами современные практики предлагают локальные изменения с прогнозируемыми результатами [3–4]. В авторском исследовании [5] был поставлен эксперимент (рис. 1), в результате которого была выявлена ключевая роль топологии функций в архитектурном объекте как основного механизма по созданию социально эффективных пространств.

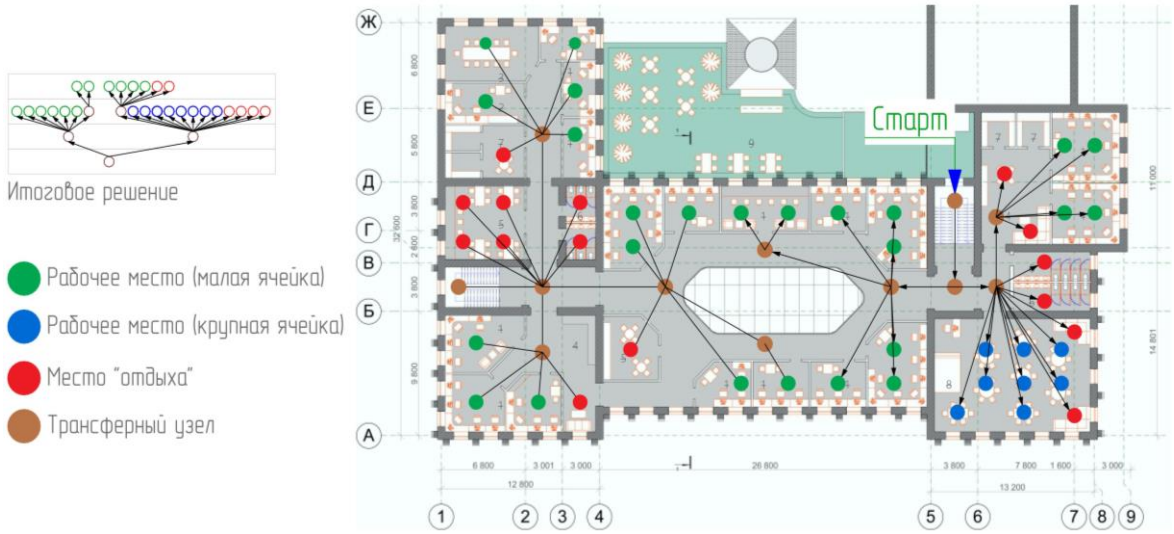


Рис. 1. Экспериментальное проектирование социально эффективного архитектурного пространства
Fig. 1. Experimental design of a socially effective architectural space

Максимальный эффект оказывает размещение локумов с наибольшим числом субъектов процессов (красные точки) в местах, куда они могут добраться с предельной быстротой. Проблемой настоящего исследования является вопрос применимости данного подхода на уровне градостроительных объектов и степени его социальной эффективности. На данный вопрос мы ответим на примере топологического анализа города Иркутска.

Методы

Характерной особенностью градостроительной ситуации Иркутска является наличие ежедневных трудовых миграций. Если представить передвижение субъекта процесса между пунктами А (место жительства) и Б (место трудоустройства), то на промежутке А–Б расположены функции, которые с наибольшей вероятностью будут пользоваться популярностью у этого пользователя [6–8]. Логично, что большинство таких маршрутов будет расположено в наиболее интегрированных частях этой системы, а также там, где имеется высокая концентрация объектов активностей, потому что современному человеку свойственна оптимизация времени, затраченного на передвижение. На рис. 2 мы можем увидеть места концентрации населения города и рабочих мест. Их несоответствие и вызывает ежедневные трудовые миграции, длинные маршруты, которые, как мы выяснили ранее, снижают социальную эффективность горожан. На карте размещения рабочих мест мы видим концентрацию 80 % только в границах исторического центра города. Необходимо выявить причины этого и определить места для перераспределения и создания новых рабочих мест. Однако жилье и места работы – это распределенные локумы с небольшим количеством единовременных пользователей.

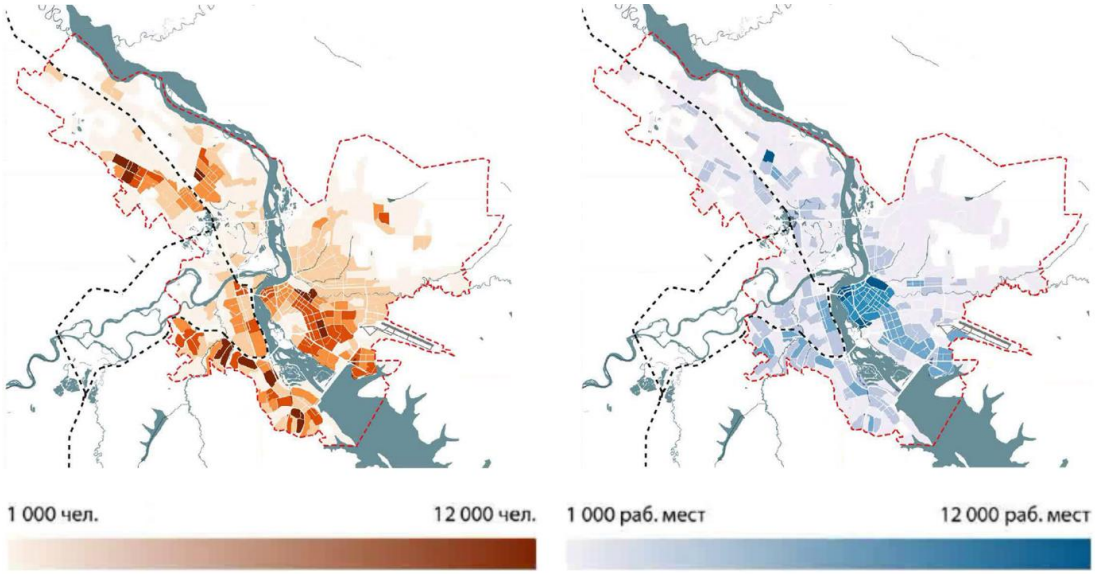


Рис. 2. Карты распределения населения и рабочих мест в г. Иркутске (ГУП «НИ и ПИ Генплана Москвы»)
Fig. 2. Maps of population and employment distribution in Irkutsk (Institute of the General Plan of Moscow)

Для определения локумов с наибольшим числом пользователей, характерных для г. Иркутска, обратимся к карте проекта *4sqstat*[1] (рис. 3), на ней мы можем увидеть самые посещаемые жителями города локумы. Зеленым цветом отмечены открытые городские пространства, они включают в себя набережные, скверы, видовые точки и общественные территории. Синим цветом обозначены транспортно-пересадочные узлы (вокзал, аэропорт и т.д.), серым – образовательные учреждения. Самые крупные точки, голубые, отмечают места розничной торговли, такие как торговые и торгово-развлекательные комплексы. Красными точками обозначены места работы и жительства, количество их велико, но они распределены и не являются массовыми. Для анализа структуры городских связей используем программное обеспечение пространственного синтаксиса [9, 10] *DepthmapX*. На рис. 4 изображена схема уровня интеграции каждой улицы города в сравнении с другими.

[1]Самые популярные места Foursquare в Иркутске [Электронный ресурс]. URL: https://www.4sqstat.ru/irkutsk/map?sort=checkins.html (12.05.2021).

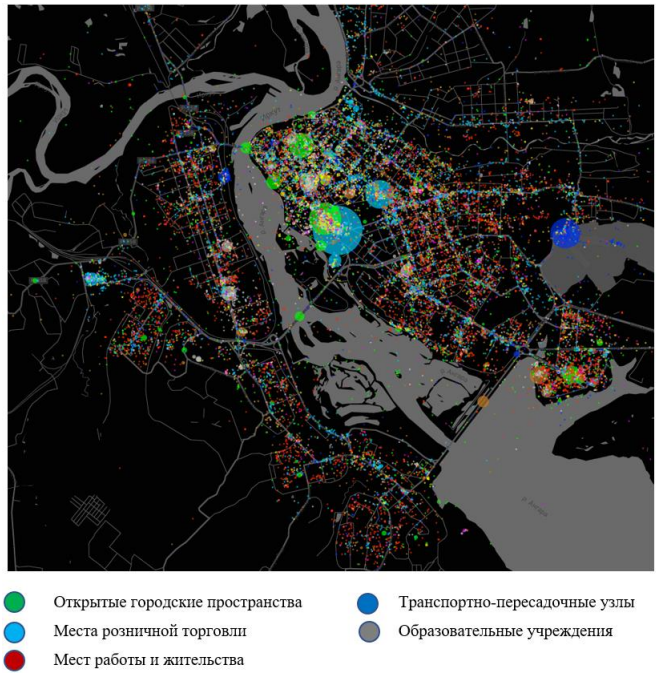


Рис. 3. Карта самых посещаемых локумов г. Иркутска (проект *www.4sqstat.ru*)
Fig. 3. Map of the most visited locums in Irkutsk (project *www.4sqstat.ru*)

В зависимости от того, как много рассматриваемое пространство имеет связей, осевая карта может быть окрашена в цвета от красного до синего, отображая степень интеграции. Красные линии означают наиболее часто пересекаемые оси – интегрированные пространства – синие линии, наоборот, плохо связаны и наиболее разделены. Используя цветовой спектр (от красного до синего), мы можем показать средние значения уровня интеграции.

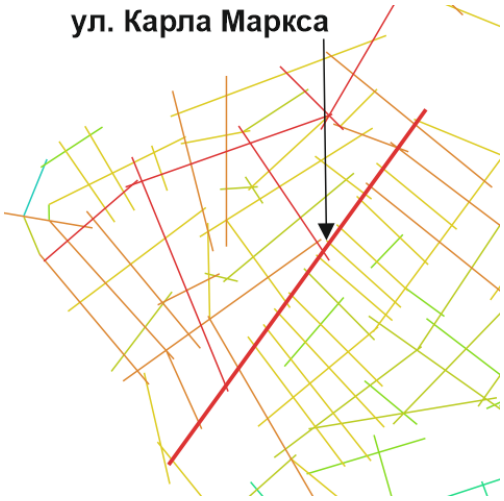


Рис. 4. Пример формирования осевой карты и измерения уровня интеграции
Fig. 4. Example of axis mapping and integration measurement

Осевая карта строится по принципу упрощения улицы до оси. Улица представляется прямым отрезком, при сохранении прямой видимости обоих его концов. В обратном случае в рамках улицы формируется новая ось в точке, где прямая видимость была нарушена [11, 12]. Осевые карты могут быть многоступенчатыми, т.е. глубокими, с синтаксической дистанцией от одной оси к другой, или малоступенчатыми. Связи между глубинами подразумевают понятие асимметрии, так как пространства могут быть глубокими от других пространств только

в том случае, если для их достижения необходимо пройти через промежуточные пространства. Показатель относительной асимметрии обобщает это путем сравнения того, насколько глубока система от конкретной точки, с тем, насколько глубокой или малой она теоретически может быть. Наименьшая глубина наблюдается, когда все пространства непосредственно связаны с исходным пространством, а наибольшая – когда все пространства расположены в однолинейной последовательности вдали от исходного пространства, т.е. каждое дополнительное пространство в системе добавляет еще один уровень глубины. Для вычисления относительной асимметрии от любой точки необходимо вычислить среднюю глубину системы от пространства, присваивая каждому пространству значение глубины в зависимости от того, на сколько пространств оно удалено от исходного пространства, суммировав эти значения и разделив на количество пространств в системе минус одно (исходное пространство). Вычисляется относительная асимметрия следующим образом:

$$2(MD - 1) / (k - 2).$$

Таким образом, относительная асимметрия ул. Карла Маркса г. Иркутска:

$$2(4{,}89 - 1) / (273 - 2) = 0{,}0287,$$

где *MD* – средняя глубина и *k* – количество пространств в системе. Результатом будет значение между 0 и 1. Низкое значение указывает на пространство, из которого система неглубокая, т.е. на пространство с высоким уровнем интеграции. Высокое значение будет у пространства, которое имеет тенденцию к изолированности. Поэтому относительную асимметрию (ОА), или относительную глубину, можно считать более простой мерой интеграции.

Конечно, для всех систем, кроме самых маленьких, эти вычисления должны выполняться компьютером [13, 14]. Ключевая цифра – средняя ОА из всех точек системы. Это общий показатель степени интегрированности для системы в целом.

Для любой архитектурной структуры список ОА-значений для пространств даст верное изображение распределения уровня интегрирования. Это верно и при сравнении разных структур, примерно одинаковых по синтаксическому размеру, т.е. по количеству пространств. Но если мы хотим провести сравнения между системами, существенно отличающимися по размеру, то мы должны сделать еще одно преобразование, чтобы исключить существенное влияние, которое размер может оказывать на уровень – хотя и не на распределение ОА-значений в реальных структурах. Достаточно найти *d*-значение для системы с таким же количеством пространств, как в рассматриваемом примере, затем разделить это значение на полученное для каждого из пространств. Таблица *d*-значений, т.е. значений ОА для систем разных размеров, приведена в «Социальной логике пространства» Билла Хиллиера. Это позволяет найти «реальную относительную асимметрию», или РОА пространства:

$$OA/d = POA$$

РОА ул. Карла Маркса г. Иркутска:

$$(2(4{,}89-1) / (273-2)) / 0{,}041 = 0{,}7.$$

Карта «всеобщего выбора» (рис. 5) определяется трассировкой кратчайших маршрутов сети. Однако для корректного анализа необходимо разделить оси, представляющие собой осевое пространство улиц, на сегменты, начинающиеся при пересечении одной улицы и другой и заканчивающиеся на следующем перекрестке. Таким образом и происходит формирование сегментной карты, на базе которой осуществляется трассировка кратчайших маршрутов в программном обеспечении пространственного синтаксиса [14, 15]. В зависимости от того, как много кратчайших маршрутов в рассматриваемом пространстве, осевая карта может быть окрашена в цвета от красного до синего, отображая степень интеграции.

В исследовании прослеживается логика размещения объектов общественного пользования в местах с высоким уровнем интеграции. На примере г. Иркутска (рис. 6) мы можем увидеть аналогичные ситуации. В исследовании А. Г. Большакова [6] была выявлена торговая ось по улице Пролетарской (1), на которой размещено большое количество коммерческих объектов, однако на момент конца 2021 года популярность объектов стремительно снижается. Большую часть пользователей перетянул 130-й квартал (2). Причиной популярности 130-го квартала является размещение на наиболее интегрированной магистрали г. Иркутска по улице Байкальской, которая была реконструирована в 2009 году в шестиполосную магистраль. Она расположена в шаговой доступности от благоустроенной набережной, ключевого аттрактора городской среды, что и вызвало смещение торговой оси г. Иркутска. Новая торговая ось сформировалась между 130-м кварталом и торговым центром «Комсомолл».

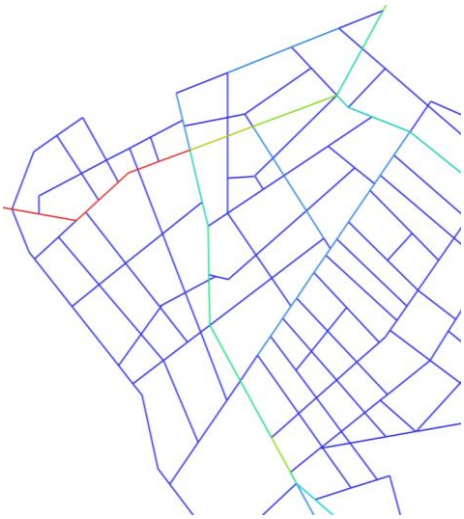


Рис. 5. Пример формирования сегментной карты и измерения «всеобщего выбора»
Fig. 5. Example of forming a segment map and measuring “global choice”

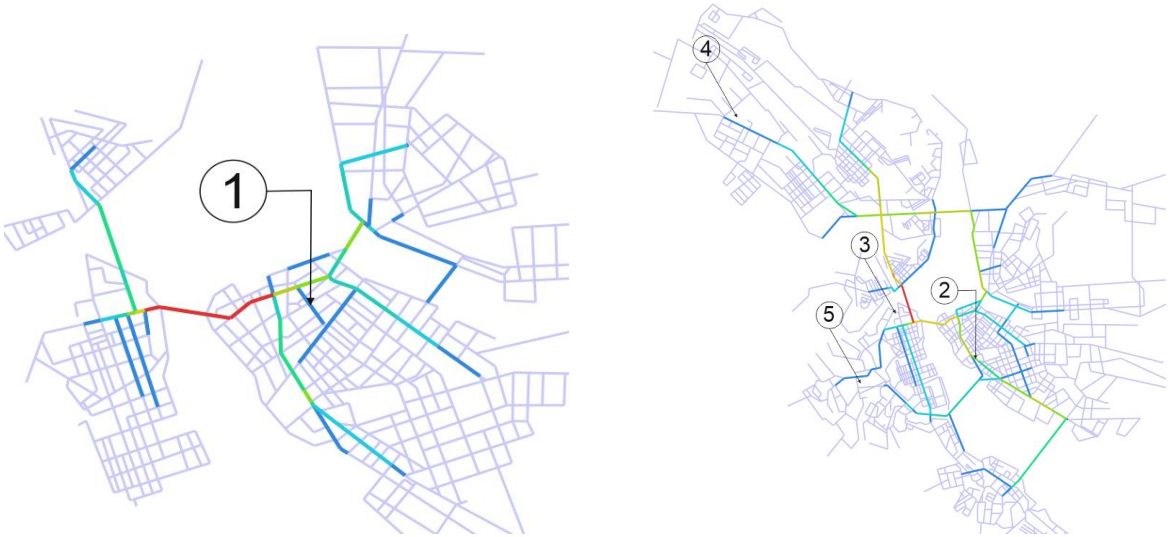


Рис. 6. Карты «всеобщего выбора» Иркутска 1940 г. (слева) и 2021 г. (справа):
1 – торговая ось по улице Пролетарской; *2* – 130-й квартал; *3* – строительный гипермаркет «Леруа Мерлен»; *4* – торговый центр *METRO*; *5* – ТРЦ «Сильвер Молл»
Fig 6. Map of “global choice” Irkutsk 1940 (on the left) and 2021 (on the right):
1 – Trading Axis along Proletarskaya Street; *2* – 130th Quarter; *3* – Construction Hypermarket “Leroy Merlin”; *4* – Shopping Centre “METRO”; *5* – “Silver Mall”

Однако наибольший эффект в отношении изменения топологии точек общественной аттракции дало строительство Академического моста в 2009–2013 гг. Уровень интеграции повлиял как на «Модный квартал», так и на «Сильвер Молл» (5). Размещение ТРЦ на ул. Сергеева являлось вопросом времени. Концентрация населения в микрорайонах Синюшина гора, Первомайский и в г. Шелехове как части Иркутской агломерации и их маятниковая активность создала большую коммерческую потребность, которую частично реализовал «Сильвер Молл». Какую пользу может извлечь градостроитель из проанализированного опыта эксплуатации уровня интеграции?

Мы можем предсказать векторы и точки концентрации городской активности и на основании этого вносить на этапе формирования генерального плана критерии к функциональному зонированию для формирования устойчивого архитектурного пространства.

Чтобы проследить развитие интеграционной структуры города Иркутска, рассмотрим генеральный план города за 1940 год (рис. 7). Немногим позднее произойдут значительные перемены, определяющие текущую ситуацию.

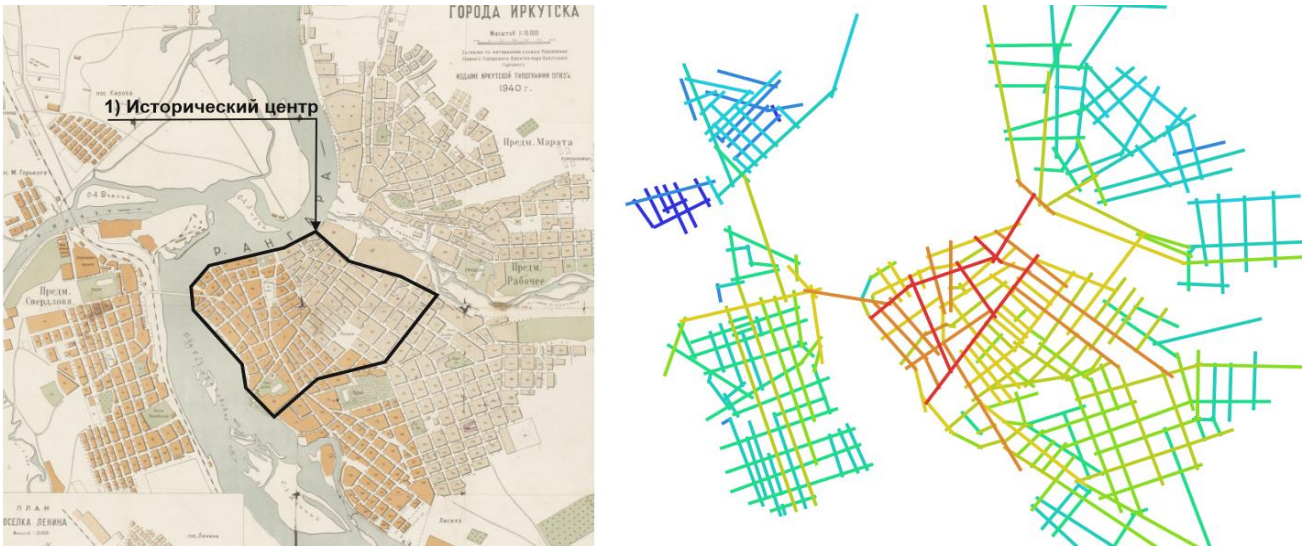


Рис. 7. Генеральный план Иркутска 1940 г. (слева). Карта уровня интеграции (справа)
Fig. 7. Irkutsk General Plan 1940 (on the left). Integration level map (on the right)

Как мы можем заметить в табл. 1, исторический центр города являлся центром и по уровню интегрированности.

В нем сосредоточено 65 % улиц переднего плана, остальные же 35 % распределены равномерно по предместьям, расположенным по периметру. Это и является причиной того, что спустя 80 лет 80 % рабочих мест и ключевые точки общественного притяжения до сих пор находятся в пределах, ограниченных руслом реки Ангара и улицей Подгорная, название которой говорит само за себя. Ландшафт, таким образом, определил границы исторического центра.

Таблица 1. Значения интеграционной карты Иркутска по районам, 1940 г.
Table 1. Values of the integration map of Irkutsk by district in 1940

Характеристики	Улицы переднего плана		Палисад	
Реальная относительная асимметрия	0,69–0,70	0,68–0,69	0,66–0,68	0,63–0,66
Районы Иркутска:				
– исторический центр;	8	17	25	3
– предместья	8	6	69	173

В течение многих лет город активно развивался по всему периметру (рис. 8), но особенно это заметно в Ленинском округе после формирования крупного предприятия «Иркутский авиационный завод». Вслед за этим интеграционный центр города сместился на северо-запад.

Самые интегрированные осевые пространства, согласно табл. 2, сформировали транспортный каркас города, представленный улицами Чкалова, Олега Кошевого, Трактовой и т.д. Расположение на обоих берегах реки Ангары определило высокую степень интегрированности всех мостов и их значительное влияние на формирование топологии города [16, 17].

После анализа распределения рабочих мест и точек активности и анализа уровня интеграции мы можем увидеть нереализованный потенциал территорий [18] с точки зрения доступности для горожан.

При увеличении масштаба анализируемой территории до уровня Иркутской агломерации (рис. 9) мы можем увидеть дальнейшее смещение центра интеграции сетей в сторону г. Ангарска и г. Шелехова, все дальше от исторического центра города.

Генеральный план города Иркутска предлагает развитие транспортной инфраструктуры области с помощью строительства новых мостов через реки Иркут и Ангара.

Перерасчет уровня интеграции показал значительные изменения, тенденция смещения центра продолжается, и мы можем сделать вывод о том, что существуют предпосылки развития города на левом берегу реки Ангары с высоким уровнем интеграции в районе микрорайона Жилкино.

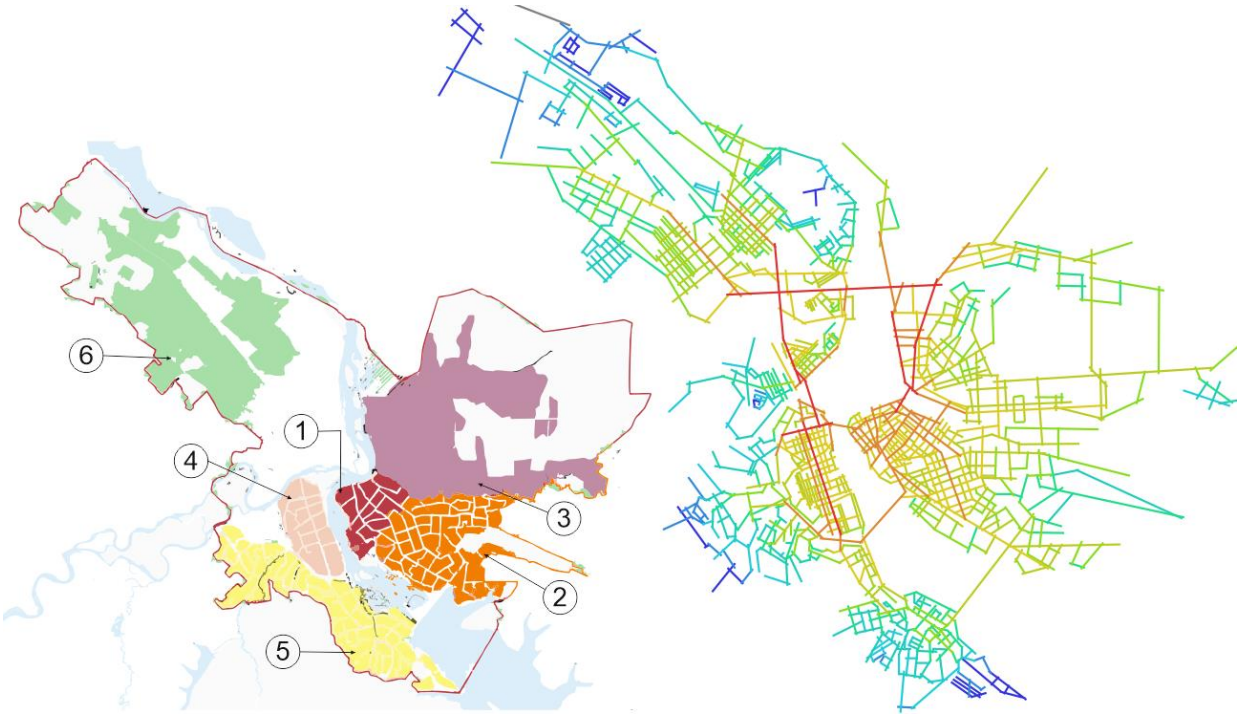


Рис. 8. План города Иркутска 2021 г. (слева). Карта уровня интеграции (справа)
Fig 8. Irkutsk City Plan 2021 (on the left). Integration level map (on the right)

Таблица 2. Значения интеграционной карты Иркутска по районам, 2021 г.
Table 2. Values of the integration map of Irkutsk by district in 2021

Характеристики	Улицы переднего плана		Палисад	
Реальная относительная асимметрия	0,69-0,70	0,68-0,69	0,66-0,68	0,63-0,66
Районы Иркутска:				
1. Исторический центр.	11	46	4	0
2. Октябрьский.	2	36	69	6
3. Правобережный.	7	49	66	1
4. Кайский холм.	4	49	26	23
5. Южные холмы.	1	15	122	82
6. Ленинский округ	5	65	169	104

Полученная информация может найти применение на уровне формирования генерального плана города и может рассматриваться городской администрацией в качестве опоры для социально эффективного планирования [19].

Отмечается тенденция к формированию полицентричного городского пространства ввиду высокого уровня сегрегированности структуры города в целом. Показания среднего уровня интеграции 0,67, цифра стремится к единице, это подтверждает заключение, сделанное согласно пространственному синтаксису. Рассмотрим концепции по пространственному развитию города до 2040 г., размещенные на официальном портале городской администрации. Оба предложения аналогично формируют полицентричный характер структурной организации города [20]. Согласно концепции пространственного развития города Иркутска ГУП «НИиПИ Генплана Москвы» (рис. 10) городские центры должны быть сформированы:

1) в Ленинском округе путем развития станции Иркутск-Сортировочный в крупный транспортно-пересадочный узел;

2) в Правобережном районе в устье реки Ушаковка;

3) в Свердловском районе в микрорайоне Университетский.

Если с точки зрения пространственного синтаксиса первые два пункта имеют интеграционные основания для формирования подцентров [21], то выявленные предпосылки развития третьего, достаточно удаленного от интеграционного ядра города, говорят о том, что этот подцентр окажется социально неэффективным ввиду опоры только на местных пользователей.

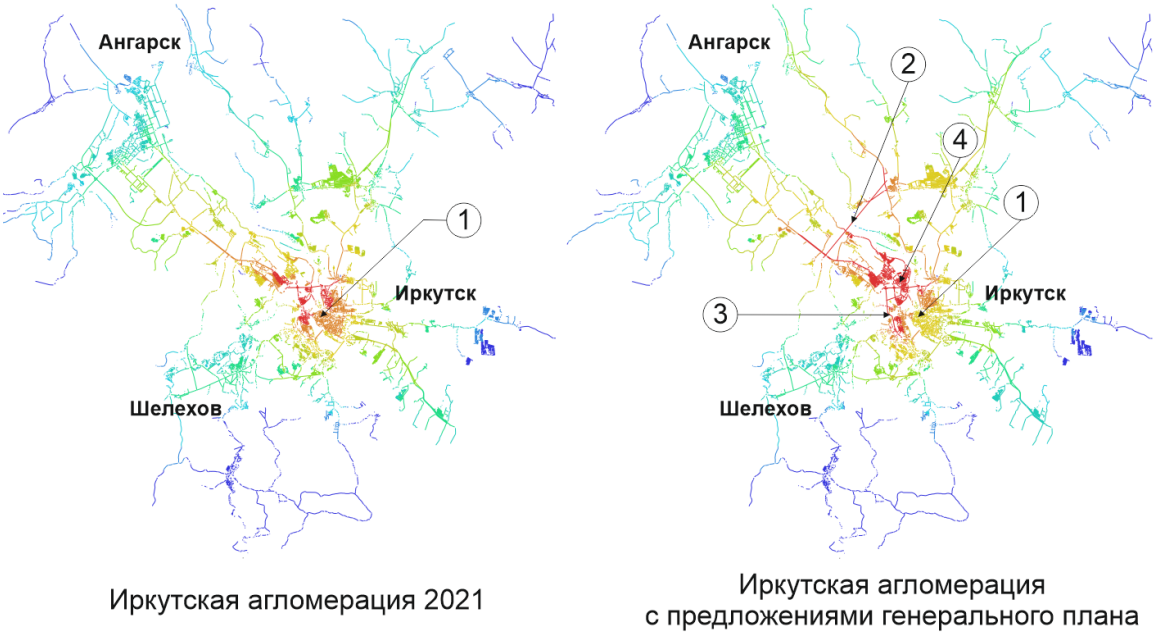


Рис. 9. Карты уровней интеграции Иркутской агломерации до и после введения предложений генерального плана: *1* – исторический центр; *2* – Новый мост через Ангару; *3* – Новый мост через Иркут; *4* – микрорайон Жилкино
Fig. 9. Maps of the integration levels of the Irkutsk agglomeration before and after the implementation of the master plan proposals: *1* – historic centre; *2* – New bridge over Angara river; *3* – New bridge over the Irkut River; *4* – Zhilkino neighborhood

Предложение Иркутского союза архитекторов (рис. 11) формирует множество общественных пространств – подцентров, преимущественно сконцентрированных на левом берегу реки Ангары, однако размещение подцентра Иркутск-Сити на территории аэропорта вызывает вопросы относительно удобности расположения для его пользователей.

Функционально в нем предлагают разместить бизнес-центры, органы управления и власти, а также Международный центр водных ресурсов как структуру ЮНЕСКО.

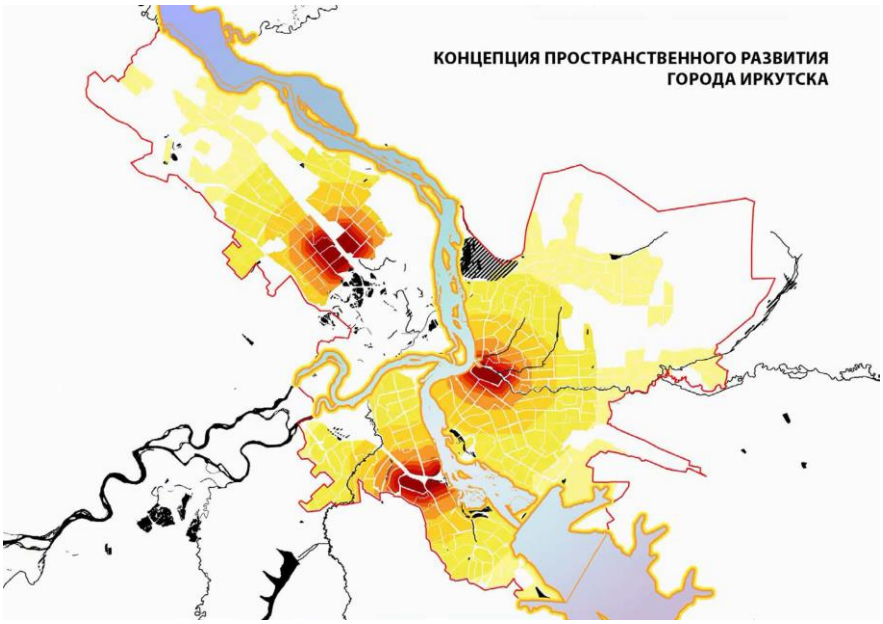


Рис. 10. Концепция пространственного развития города Иркутска (ГУП «НИиПИ Генплана Москвы»)
Fig. 10. The concept of spatial development of Irkutsk (Institute of the General Plan of Moscow)

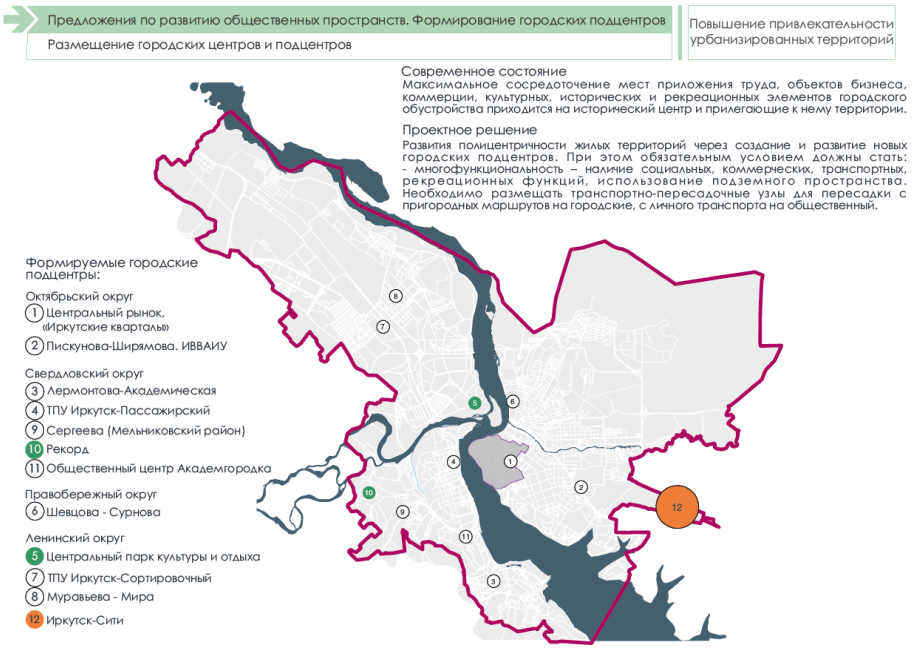


Рис. 11. Предложения по развитию общественных пространств – городских подцентров (Иркутское отделение Союза архитекторов России)
Fig. 11. Proposals for the development of public spaces – urban subcenters (Irkutsk branch of the Union of Architects of Russia)

Удаленность от центра интеграции снижает уровень социальной эффективности, если авторами проекта подразумевается использование объекта всеми жителями города. И напротив, создание на территории полуострова Кировский центрального парка культуры и отдыха, рассчитанного на пользователей со всего города, соответствует требуемому высокому уровню интеграции.

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим сценарий применения результатов топологического анализа. Район Жилкино, бывший поселок, включенный в Иркутск в 1958 году, расположен в геометрическом центре Иркутска, однако функционально с городом не связан, мест приложения труда не имеет, как и иной рекреационной активности. Территория находится в Ленинском округе города Иркутска, она поделена на две части улицей Олега Кошевого на поселок и микрорайон Жилкино. Ландшафтные условия в границах городской черты характеризуются пересеченностью рельефа, представленного малыми и большими заболоченными территориями и долиной реки Ангары. Историческим ядром микрорайона является монастырский поселок XVIII в., однако после Октябрьской революции 1917 года Вознесенский монастырь был разрушен, а монастырский поселок и деревня Жилкино превратились в крупный промышленный район. К настоящему моменту Иркутск сформировался как многофункциональный центр, выполняющий разнообразные промышленные, транспортные, административные и культурно-образовательные функции. В генеральном плане запроектированы новые мосты через реки Иркут и Ангара, что, как мы могли наблюдать, существенно изменяет уровень интеграции этой сети. Эксплуатация этого ресурса для обеспечения дополнительной активности жителей как самого Жилкино, так и районов Иркутск-2 и Ново-Ленино, очевидна, однако создание одного крупного ТРЦ не решит комплекс запросов жителей района и города.

Рассмотрим проект, разработанный в рамках Зимнего градостроительного университета командой архитекторов, в которой состоял автор данной работы. Был представлен проект-видение развития района Жилкино в г. Иркутске (рис. 12). Ключевым моментом является эффективное использование ресурсов территории набережной, будущего рекреационного каркаса территории. На карте пространственных связей в местах с низким уровнем интеграции расположены жилые здания, и наоборот, в местах с высоким уровнем интеграции создано общественно-деловое пространство с соблюдением формы, характерной для локумов Иркутска, что сохраняет идентичность города. В точке наибольшей интеграции размещен логистический центр, наиболее полно реализующий замысел авторов проекта и обес-

печивающий эффективность процессов его субъектов. Генеральный план микрорайона Жилкино в качестве нового подцентра опирается на карту интеграции Иркутска. В осевых пространствах с высоким уровнем интеграции будут расположены коммерческие объекты и многофункциональные офисные пространства. На перекрестке улиц Генерала Доватора и Полярная будет расположена зона общественных пространств, имеющих как торгово-развлекательные, так и социально образующие функции.

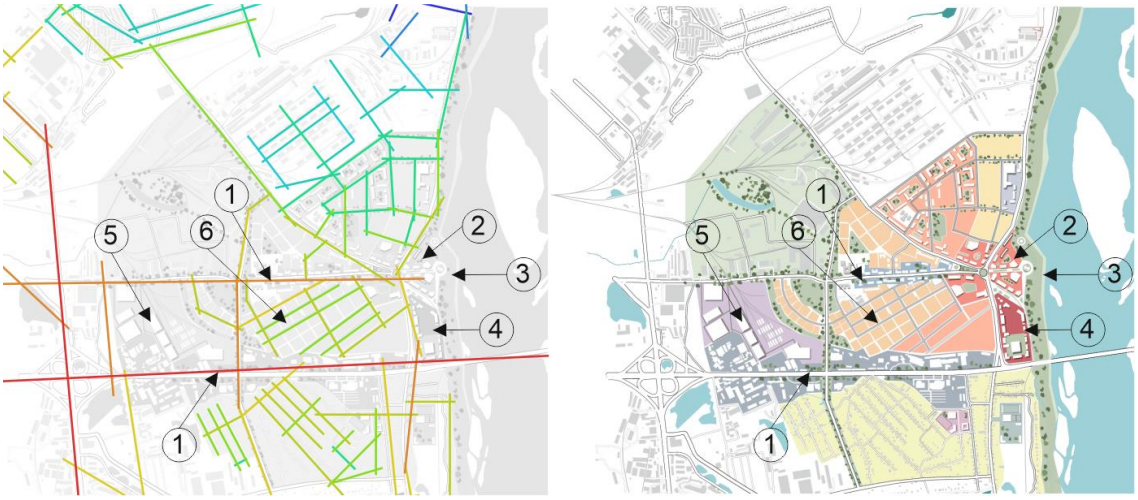


Рис. 12. Карта уровня интеграции (слева).
Генеральный план подцентра Иркутска в микрорайоне Жилкино (справа):
1 – зона офисов и торговли; *2* – многофункциональное пространство; *3* – рекреационное пространство;
4 – культурно-просветительская зона; *5* – логистический центр; *6* – жилая зона
Fig. 12. Integration level map (on the left).
Irkutsk sub-centre master plan in the Zhilkino neighborhood (on the right):
1 – office and commercial area; *2* – multifunctional space; *3* – recreational space;
4 – cultural and educational area; *5* – logistics centre; *6* – residential area

Имеющийся ландшафтный потенциал в виде набережной необходимо реализовывать посредством организации благоустройства и прогулочных территорий, завязанных на маршрут к ЦПКиО, предложенный Иркутской организацией Союза архитекторов России. На базе сохранившихся построек Вознесенского монастыря путем реконструкции морфотипов автор предлагает разместить Культурный центр как часть новых общественных и рекреационных пространств. Целью проекта развития микрорайона Жилкино является реализация существующего интеграционного потенциала путем наполнения микрорайона функциями общегородского значения, которые могут выполняться в полной мере ввиду доступности территории. Социальная эффективность такого решения доказана положениями, сформированными в этой статье. Согласно карте «всеобщего выбора» (рис. 13) микрорайон пересекают самые короткие маршруты города, и в случае реализации предложений генерального плана эта черта будет усилена, в связи с чем предлагается размещение крупного логистического центра, который аккумулирует малые логистические центры, уже размещенные на территории, в результате чего заложенная функция будет реализована максимально эффективно как с социальной (рабочие места), так и с коммерческой (логистическая ценность) точки зрения.

Заключение

В процессе проведенного топологического анализа территории города Иркутска были построены карты уровней интеграции осевого пространства и карты «всеобщего выбора». В результате анализа карт определены улицы переднего плана и палисада, самые интегрированные улицы сформировали новый интеграционный центр города, смещенный в сравнении с центром, обозначенным на интеграционной карте Иркутска 1940 года.

Для обеспечения социальной эффективности необходимо размещать объекты с высоким количеством пользователей в самых интегрированных местах. В результате анализа карты популярных локумов города и ее соотношения с картой интеграции была предложена следующая восходящая градация, в зависимости от требуемого уровня интеграции: 1) жилая зона; 2) местная коммерция; 3) местная рекреация; 4) офисно-деловая функция; 5) массовая рекреация; 6) массовая коммерция.

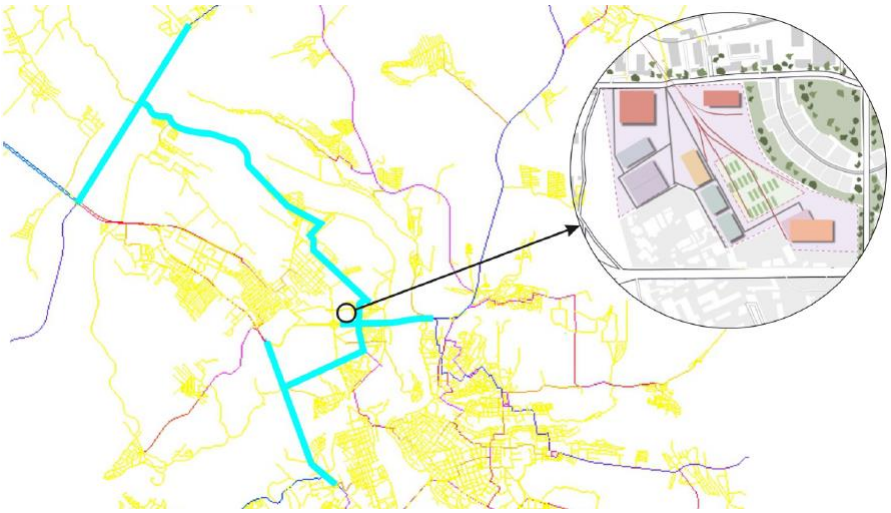


Рис. 13. Карта «всеобщего выбора». Размещение логистического центра
Fig. 13. Global Choice map. Location of the logistics centre

Сравнение карт «всеобщего выбора» и уровней интеграции с предложениями по пространственному развитию Иркутска до 2040 года позволило выявить решения с низкой социальной эффективностью: 1) формирование подцентра в Свердловском районе, микрорайон Университетский; 2) формирование подцентра Иркутск-Сити на территории аэропорта.

Карта уровня интеграции показала тенденцию развития города в сторону полицентричности. В качестве примера подцентра был предложен проект Жилкино с гибким функциональным зонированием, опирающимся на уровень интеграции улиц, с реализацией функций с высокой общественной аттракцией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Яргина З. Н. Эстетика города. М.: Стройиздат, 1991. 366 с.
2. Shubenkov M. V., Khomyakov D. A. Space of the regional agglomerations and re-industrialization // Journal of applied engineering science. 2016. Vol. 14. Iss. 1. p. 154-162. https://doi.org/10.5937/jaes14-10217.
3. Крашенинников А. В. Социально-пространственная структура пешеходного пространства // Architecture and Modern Information Technologies. 2012. № 4(21). С. 4.
4. Крашенинников А. В. Микропространства городской среды // Architecture and Modern Information Technologies. 2014. № 4(29). С. 1.
5. Дашиев Т. А. Разработка эффективного планировочного решения офисного пространства путем прогнозируемой организации социального пространства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 3. С. 510–519. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-510-519.
6. Большаков А. Г. Стратегия развития кампуса ИРНИТУ // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 2. С. 396–407. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-396-407.
7. Bolshakov A. G. Urban topology of university campus // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 667. p. 012014. https://doi.org/10.1088/1757-899X/667/1/012014.
8. Bolshakov A. G. INRTU campus development strategy // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. Vol. 667. p. 012015. https://doi.org/10.1088/1757-899X/667/1/012015.
9. Hillier B., Hanson J. The Social Logic of Space. Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 296 p.
10. Hillier B. Space is the Machine. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 370 p.
11. McCormacka G. R., Koohsari M. J., Turley L., Nakaya T., Shibata A., Ishii K. Evidence for urban design and public health policy and practice: Space syntax metrics and neighborhood walking // Health and Place. 2021. Vol. 67. p. 102277. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.102277.
12. Fang Y., Mao J., Liu Q., Huang J. Exploratory space data analysis of spatial patterns of large-scale retail commercial facilities: The case of Gulou District, Nanjing, China // Frontiers of Archi-

tectural Research. 2021. Vol. 10. Iss. 1. p. 17-32. https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.02.002.
13. Lebendiger Y., Lerman Y. Applying space syntax for surface rapid transit planning // Transportation Research Part A: Policy and Practice. 2019. Vol. 128. p. 59-72. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.07.016.
14. Askarizad R., Safari H. Investigating the role of semi-open spaces on the sociability of public libraries using space syntax // Ain Shams Engineering Journal. 2020. Vol. 11. Iss. 1. p. 253-264. https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.09.007.
15. Alalouch C., Al-Hajri S., Naser A., Al Hinaia A. The impact of space syntax spatial attributes on urban land use in Muscat: Implications for urban sustainability // Sustainable Cities and Society. 2019. Vol. 46. p. 101417. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.01.002.
16. Xia C., Zhang A., Wang H., Yeh A. G. O. Predicting the expansion of urban boundary using space syntax and multivariate regression model // Habitat International. 2019. Vol. 86. p. 126-134. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.03.001.
17. Koohsari M. J., Oka K., Owen N., Sugiyama T. Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport // Health and Place. 2019. Vol. 58. p. 102072. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.01.002.
18. Alkamali N., Alhadhrami N., Alalouch C. Muscat City Expansion and Accessibility to the Historical Core: Space Syntax Analysis // Energy Procedia. 2017. Vol. 115. p. 480-486. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.044.
19. Omer I., Kaplan N. Using space syntax and agent-based approaches for modeling pedestrian volume at the urban scale // Computers, Environment and Urban Systems. 2017. Vol. 64. p. 57-67. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.007.
20. Xiana H., Lipeng Z. Simulation of Pedestrian Flow in Traditional Commercial Streets Based on Space Syntax // Procedia Engineering. 2017. Vol. 205. p. 1344-1349. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.117.
21. Shatu F., Yigitcanlar T., Bunker J. Shortest path distance vs. least directional change: Empirical testing of space syntax and geographic theories concerning pedestrian route choice behavior // Journal of Transport Geography. 2019. Vol. 74. p. 37-52. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.005.

REFERENCES

1. Yarginah ZN. The aesthetics of the city. Moscow: Stroyizdat Publ.; 1991. 366 p. (In Russ.).
2. Shubenkov MV, Khomyakov DA. Space of the regional agglomerations and re-industrialization. *Journal of applied engineering science*. 2016;14(1):154-162.
3. Krasheninnikov AV. Structure of social space in pedestrian realm. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2012;4(21):4. (In Russ.).
4. Krasheninnikov AV. Microspaces of built environment. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2014;4(29):1. (In Russ.).
5. Dashiev TA. Development of an efficient planning concept for office space by projected organisation of social space. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*. 2021;11(3):510-519. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-3-510-519.
6. Bolshakov AG. Strategy for Irkutsk National Research Technical University (INRTU) campus development. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(2):396-407. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-396-407.
7. Bolshakov AG. Urban topology of university campus. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng*. 2019;667:012014. https://doi.org/10.1088/1757-899X/667/1/012014.
8. Bolshakov AG. INRTU campus development strategy. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng*. 2019;667:012015. https://doi.org/10.1088/1757-899X/667/1/012015.
9. Hillier B, Hanson J. The Social Logic of Space. Cambridge: Cambridge University Press; 1984. 296 p.
10. Hillier B. Space is the Machine. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 370 p.
11. McCormacka GR, Koohsari MJ, Turley L, Nakaya T, Shibata A, Ishii K. Evidence for urban design and public health policy and practice: Space syntax metrics and neighborhood walking. *Health and Place*. 2021;67:102277. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.102277.
12. Fang Y, Mao J, Liu Q, Huang J. Exploratory space data analysis of spatial patterns of large-scale retail commercial facilities: The case of Gulou District, Nanjing, China. *Frontiers of Architectural Research*. 2021;10(1):17-32. https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.02.002.
13. Lebendiger Y, Lerman Y. Applying space syntax for surface rapid transit planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.

2019;128:59-72. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.07.016.
14. Askarizad R, Safari H. Investigating the role of semi-open spaces on the sociability of public libraries using space syntax. *Ain Shams Engineering Journal*. 2020;11(1):253-264. https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.09.007.
15. Alalouch C, Al-Hajri S, Naser A, Al Hinaia A. The impact of space syntax spatial attributes on urban land use in Muscat: Implications for urban sustainability. *Sustainable Cities and Society*. 2019;46:101417. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.01.002.
16. Xia C, Zhang A, Wang H, Yeh AGO. Predicting the expansion of urban boundary using space syntax and multivariate regression model. *Habitat International*. 2019;86:126-134. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.03.001.
17. Koohsari MJ, Oka K, Owen N, Sugiyama T. Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport. *Health and Place*. 2019;58:102072. https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.01.002.
18. Alkamali N, Alhadhrami N, Alalouch C. Muscat City Expansion and Accessibility to the Historical Core: Space Syntax Analysis. *Energy Procedia*. 2017;115:480-486. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.044.
19. Omer I, Kaplan N. Using space syntax and agent-based approaches for modeling pedestrian volume at the urban scale. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2017;64:57-67. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.007.
20. Xiana H, Lipeng Z. Simulation of Pedestrian Flow in Traditional Commercial Streets Based on Space Syntax. *Procedia Engineering*. 2017;205:1344-1349. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.117.
21. Shatu F, Yigitcanlar T, Bunker J. Shortest path distance vs. least directional change: Empirical testing of space syntax and geographic theories concerning pedestrian route choice behavior. *Journal of Transport Geography*. 2019;74:37-52. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.005.

Информация об авторе

Т. А. Дашиев,
аспирант кафедры архитектурного проектирования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7769-8377

Information about the author

Timur A. Dashiev,
Postgraduate student of the Department of Architectural Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7769-8377

Вклад автора

Дашиев Т. А. имеет все авторские права и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

Dashiev T. A. have all author's rights and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 25.10.2021.
Одобрена после рецензирования 23.11.2021.
Принята к публикации 26.11.2021.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

The article was submitted 25.10.2021.
Approved after reviewing 23.11.2021.
Accepted for publication 26.11.2021.

Научная статья
УДК 711:502
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-704-715

Проблематика прибрежных территорий реки Ангары в пределах Иркутской агломерации: эволюция изменений (конец XVII в. – начало XXI в.)

© Вера Артемовна Игнатенкова
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия, ver357chik@yandex.ru

Аннотация. Цель – выявить проблематику прибрежных территорий в пределах Иркутской агломерации и рассмотреть эволюцию изменений исследуемых территорий с течением времени. Методика исследования основана на комплексном подходе при градостроительном анализе прибрежных территорий в условиях агломерации, в частности на анализе документации градостроительного планирования, законодательной базы градостроительства и геоинформационных баз данных. В исследовании освещаются следующие аспекты: определение характеристики водного бассейна р. Ангары; изучение эволюции исследуемых прибрежных территорий в разные периоды истории (дореволюционный период (конец XVII в. – 1917 г.), советский период (1917–1991 гг.), постсоветский период (1991 г. – начало XXI в.)); определение особенностей современного состояния исследуемых прибрежных территорий в пределах Иркутской агломерации, в частности особенностей транспортного каркаса, функционального зонирования, природно-ресурсного потенциала (ландшафты и растительность), экологических рисков (вредное воздействие вод и загрязнение растительности) и экономико-социального потенциала; выявление ряда проблем исследуемых прибрежных территорий на основании выполненного анализа (транспортный, планировочный, экологический и социально-экономический аспекты). Можно заключить, что определенная в процессе исследования проблематика прибрежных территорий является следствием отсутствия общей стратегии развития региона.

Ключевые слова: прибрежные территории, планировочная структура агломерации, эколого-градостроительный каркас, ландшафт, природно-ресурсный потенциал

Для цитирования: Игнатенкова В. А. Проблематика прибрежных территорий реки Ангары в пределах Иркутской агломерации: эволюция изменений (конец XVII в. – начало XXI в.) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 704–715. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-704-715.

Original article

Problems associated with coastal areas of the River Angara within the Irkutsk agglomeration: history of changes from late 17th to early 21st century

Vera A. Ignatenkova
Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
Saint Petersburg, Russia, ver357chik@yandex.ru

Abstract. The present paper examines the problems of coastal areas within the Irkutsk agglomeration and discusses the changes that occurred in the studied territories over time. The study is based on a comprehensive approach to the urban planning analysis of coastal areas under agglomeration. In particular, the analysis of urban planning documentation, legal basis and geoinformation databases was carried out. In the study, the following aspects are highlighted: determining the characteristics of the River Angara basin; studying the changes in the investigated coastal area over history (pre-revolutionary period (late 17th century - 1917), Soviet period (1917–1991), post-Soviet period (1991 - early 21st century)); characterising the current state of the studied coastal area within the Irkutsk agglomeration, in particular, transport network, functional zoning, natural resource potential (landscapes and vegetation), environmental risks (harmful effects of water and vegetation contamination) and socio-economic potential; identifying the problems of the investigated coastal areas based on the performed

analysis (transport, planning, environmental and socio-economic aspects). It can be concluded that the absence of a general strategy for developing the region resulted in the identified issues associated with the coastal area.

Keywords: coastal areas, planning structure of the agglomeration, ecological and urban planning framework, landscape, natural resource potential

For citation: Ignatenkova V. A. Problems associated with coastal areas of the River Angara within the Irkutsk agglomeration: history of changes from late 17th to early 21st century. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):704-715. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-704-715.

Введение

Более десяти лет понятие «Иркутская агломерация» волнует местных жителей. Один из наиболее вероятных предложенных вариантов формирования агломерации включает в себя объединение Иркутска, Ангарска, Шелехова и байкальской части Иркутского и Шелеховского районов. В связи с тем, что Иркутск в последнее десятилетие развивается в сторону озера Байкал, вдоль Байкальского тракта, поселок Листвянка, что расположен на побережье озера, постепенно становится неотъемлемой частью города.

Однако прибрежным территориям в пределах Иркутской агломерации не уделено достаточного внимания, что является значительным упущением, так как стабильно функционирующая речная сеть способствует устойчивому развитию городской среды.

В данной работе рассмотрена проблематика прибрежных территорий в пределах агломерации, которые обладают огромным потенциалом для развития и повышения качества городской среды, а также социальной, экономической и инвестиционной привлекательностью за счет их прилегания к большим водным пространствам.

Методы

Методологическая база исследования основана на комплексном подходе, который позволяет при градостроительном анализе выявить проблематику исследуемых прибрежных территорий в условиях агломерации.

В процессе исследования была проанализирована градостроительная документация, в частности генеральные планы наиболее крупных населенных пунктов Иркутской агломерации (г. Иркутска, г. Ангарска, г. Шелехова и п. Листвянка), схема территориального планирования Иркутской области и схема Иркутской агломерации. Кроме того, была изучена научная литература (статьи, диссертации, авторефераты и пр.), прямо или косвенно связанная с темой исследования.

Также проведено натурное обследование городских прибрежных территорий Иркутской агломерации с последующим анализом топографии, кадастровой карты и фотографий местности, позволяющих ознакомится с исследуемыми территориями.

Результаты и их обсуждение

Характеристика водного бассейна реки Ангары

В рамках Иркутской агломерации длина части реки Ангары составляет около 114 км. Ширина колеблется от 380 м (немного выше устья Иркута) до 2 км (около Кузьмихи). Глубина – 6–7 м. Долина Ангары трапецеидальная, наблюдается множество террас. Преобладающий тип русла реки – разветвления, образованные множеством островов, вытянутых цепочкой.

Ангара имеет постоянный ток, быстрое течение и прозрачную воду. Питание Ангара получает за счет оз. Байкал, ее притоков и грунтовых вод. Река поздно замерзает и рано вскрывается. Формирование ледового покрова сопровождается длительным ледоходом, на реке часто появляются заторы и зажоры.

В связи со строительством Иркутской ГЭС в районе Иркутска претерпели изменения морфометрические характеристики и русло поймы. В частности, изменился режим Ангары: повысился уровень воды в межсезонное время, в паводковое – понизился; ниже ГЭС он стал менее контрастным, зависящим от работы гидроэлектростанции[1].

Эволюция прибрежных территорий реки Ангары в пределах Иркутской агломерации

Согласно находкам археологов, бассейн Ангары был заселен человеком еще в период

[1]Ангара, река [Электронный ресурс] // Иркипедия: энциклопедия Приангарья. 2012. URL: http://irkipedia.ru/node/2096/talk (08.03.2021).

палеолита (несколько десятков тысяч лет до н.э.).

К началу XVII в. на берегах Ангары в основном жили кочевые эвенкийские (тунгусские) и бурятские племена, которые были настоящими знатоками реки. Они ясно представляли себе сложную речную сеть на огромных пространствах Приангарья в ходе своих многокилометровых кочевых переходов.

Дореволюционный период (конец XVII – 1917 г.). Систематическое изучение Ангары и ее берегов началось с приходом сюда русских и включения Приангарья в состав России в середине XVII в., когда вся линия реки была занята русскими острогами. Именно Ангара обеспечила возможность освоения региона, так как являлась единственной в то время транспортной артерией, по которой осуществлялось продвижение русских в Приангарье. На ее берегах возникали города.

В XVIII в. через Ангару были организованы постоянные переправы.

С 1740-х гг. на правом берегу Ангары в Иркутске начали сооружать береговые укрепления для защиты берега от размыва из-за частых наводнений.

В XIX–XX вв. на правом берегу Ангары появилась пароходная пристань.

В 1819 г. вступает в должность генерал-губернатор Восточной Сибири Михаил Михайлович Сперанский, который поручает Г. С. Батенькову отправиться в Иркутск и заняться там «мерами на постройку обруба на реке Ангаре». Разработанный проект вскоре был утвержден и в 1824 г. начал устраиваться[2].

Помимо прочего, ключевую роль в развитии Иркутской агломерации сыграло строительство Транссибирской железной дороги (Транссиб) в начале XX века.

Советский период (1917 – 1991 гг.). С 1930 г. началось систематическое изучение ресурсов Ангары, и в 1953 г. была составлена схема использования гидроэнергоресурсов Ангары, включающая шесть ГЭС от Байкала до Енисея, в том числе Иркутскую ГЭС. Особо актуальным становится углубление изучения природных режимов водотоков и водоемов ангарского бассейна, а именно прогнозирование их экологического состояния и поиск мероприятий по их сохранению и восстановлению.

Правый берег (Правобережный район) Ангары в пределах Иркутска существенно изменен человеком за XVIII–XX века: исчезли некоторые острова, изменилась конфигурация существующих; построен первый мост через реку, соединяющий центральную и левобережную части города; построена набережная на правом берегу; введен в эксплуатацию третий мост (второй мост в Усть-Илимске) через Ангару, ставший связующим звеном между правым берегом в створе Пади Топка и левым берегом в районе Жилкино.

На левом берегу (Левобережный район), на сравнительно небольшой территории расположена железная дорога и сконцентрирована промышленность, что привело к возникновению ряда проблем, среди которых главной является ухудшение качества вод реки вследствие сбросов отходов[3].

Стоит упомянуть, что именно в советские годы началось формирование Иркутской агломерации в связи с созданием новых городов – Ангарска (1951 г.) и Шелехова (1962 г.), что послужило появлению связей между населенными пунктами.

Постсоветский период (1991 г. – начало XXI в.). Первые попытки по объединению Приангарья, осуществлявшиеся в советские годы, были забыты в годы перестройки. Развитие региона возобновилось только после кризисных 1990-х годов. Был дан толчок формированию существующей структуры Иркутской агломерации: началось формирование пространства пригорода, его архитектурного ландшафта, что становится все более заметным и способствует формированию агломерации, однако без целенаправленного регулирования. Построен новый мост через Ангару[4].

Таким образом, к началу XXI века Иркутская агломерация стала представлять собой сложную сеть миграционных процессов. Преобразование пригородов, в свою очередь, послужило развитию системы агломерационных, стихийно складывающихся взаимодействий [1] (рис. 1).

Современное состояние прибрежных территорий реки Ангары в пределах Иркутской агломерации

В наши дни Иркутская агломерация характеризуется сложившейся системой населенных пунктов (Иркутск, Ангарск, Шелехов) и целым рядом поселков городского (Листвянка) и сельского типа (рис. 2). Река Ангара является главной водной артерией агломерации.

---

[2]Ангара, река [Электронный ресурс] // Иркипедия: энциклопедия Приангарья. 2012. URL: http://irkipedia.ru/node/2096/talk (08.03.2021).
[3]Там же.
[4]Там же.

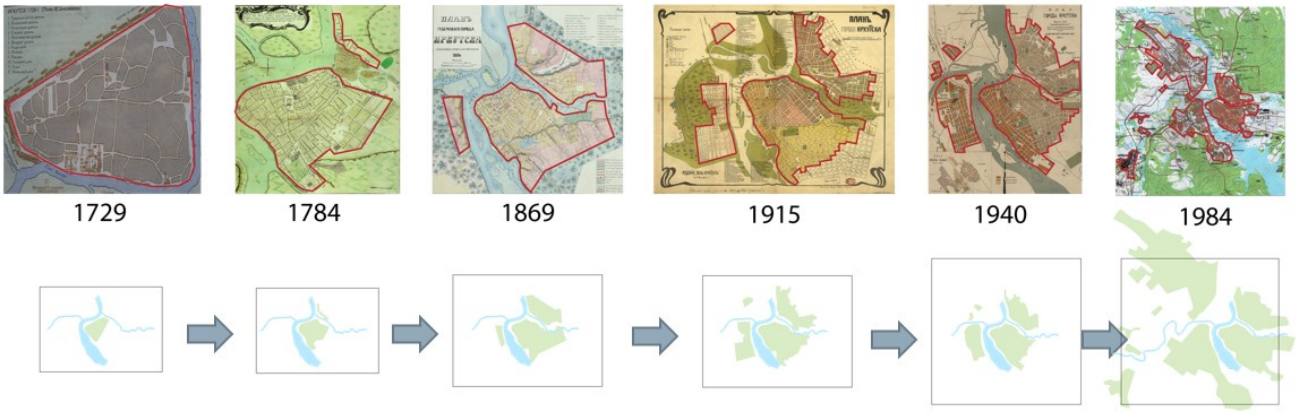


Рис. 1. Эволюция прибрежных территорий реки Ангары в пределах Иркутской агломерации
Fig. 1. Evolution of the coastal areas of the Angara River within the Irkutsk agglomeration

Основной миссией исследуемых прибрежных территорий в условиях Иркутской агломерации является формирование на базе основных населенных пунктов – Иркутска, Ангарска и Шелехова – водно-рекреационного каркаса.

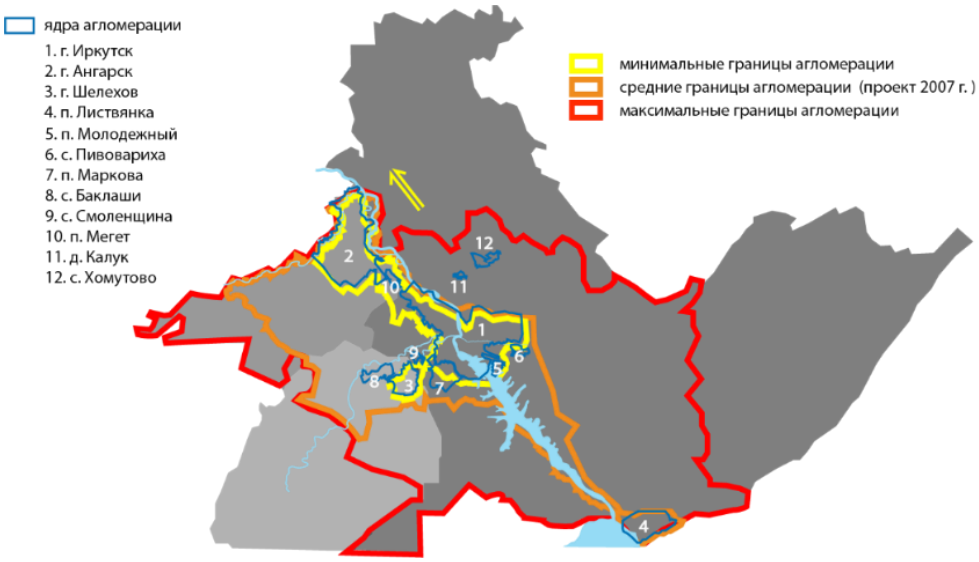


Рис. 2. Границы Иркутской агломерации
Fig. 2. Borders of the Irkutsk agglomeration

Транспортный каркас (рис. 3) агломерации образует обогнувшая гору с юга вдоль левобережной части срединной зоны Иркутска и вышедшая в долину Иркута Транссибирская железнодорожная магистраль. Транссиб пересекает все города Иркутской агломерации, а также Московский тракт (федеральная дорога Р-255 и Р-258 (М-53 и М-55)), что является важным транспортным направлением. Помимо Московского тракта, важными автомобильными магистралями являются Качугский тракт (северный луч), Байкальский тракт (до Листвянки вдоль Ангары на побережье Байкала), Култукский тракт (в сторону Слюдянки, юг Байкала) и Голоустненский тракт (по левобережью реки Ушаковки, юго-восток). Вокруг Иркутска, Ангарска и Шелехова существует автомобильный объезд [2].

Функциональное зонирование (рис. 4). Существующая планировочная структура поселений Иркутской агломерации повторяет форму ландшафтных осей рек Ангары и Иркута в пределах их долин. А по долинам Ушаковки и Иркута расположены сельские поселения и угодья [3].

В целом Иркутск выполняет функцию городского многофункционального центра агломерации, Ангарск и Шелехов являются промышленными центрами, п. Листвянка – рекреационно-туристический центр.

Рис. 3. Схема существующего транспортного каркаса агломерации
Fig. 3. Scheme of the existing transport frame of the agglomeration

Согласно исследованию генеральных планов Иркутска, Ангарска, Шелехова, п. Листвянки и других прилегающих территорий, в пределах Иркутской агломерации можно выделить следующие фундаментальные городские функции: жилье, культура, спорт, образование, администрация, производство, рекреация и др.

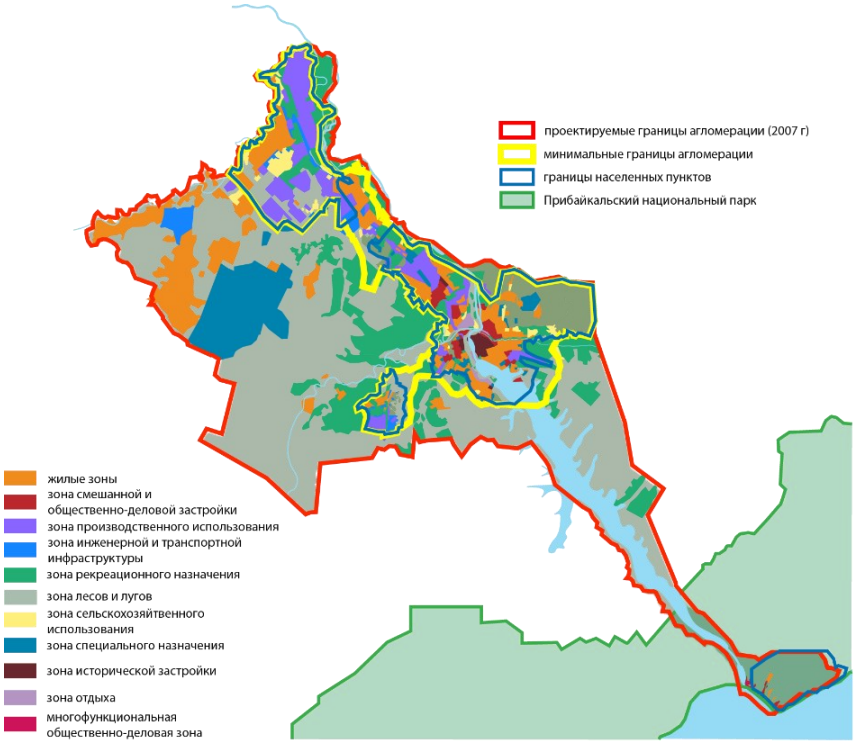


Рис. 4. Схема существующего функционального зонирования
Fig. 4. Scheme of existing functional zoning

Природно-ресурсный потенциал. Ландшафт (рис. 5). Иркутский амфитеатр Сибирской платформы и долина реки Ангары являются ландшафтной основой Иркутской агломерации. Ландшафтные оси реки образуют два креста: крест Ангара – Иркут – Ушаковка, на котором расположился Иркутск, и крест Ангара – Китой – Балея, на котором находится Ангарск. На междуречье Иркута и его притока Олхи – Шелехов. Водораздельные сегменты, расположенные в междуречьях справа и слева от Ангары, представляют собой особые равнинные территории с расчлененным рельефом, которые служат основой сельскохозяйственной зоны агломерации [2].

Природно-ресурсный потенциал. Растительность (рис. 6). В связи с антропогенным воздействием степи и подтаежные сосновые системы почти полностью изменены, продолжается расширение степей. На территориях, подвергающихся антропогенному воздействию, наблюдается снижение прироста сосняков, очаговое усыхание и отсутствие возобновления растительности. Помимо этого, отмечено сокращение лесопокрытых площадей и зафиксированы тенденции формирования одновозрастных лесов, с доминированием мелколиственных пород деревьев [4].

Экологические риски. Одна из актуальных проблем современности – это проблема загрязнения окружающей среды. Основными экологическими факторами влияния на городскую среду являются загрязнение воды, почвы и шумовое загрязнение воздуха. Населенные пункты, на территории которых расположены промышленные предприятия, подвержены экологическому риску в большей степени, чем поселения без промышленной отрасли. Территориями Иркутской агломерации, с экологической точки зрения представляющими собой наиболее неблагополучные участки, являются Ангарск и Шелехов.

В частности, важными задачами многих постиндустриальных центров России и мира являются улучшение экологического состояния городских рек и проведение мероприятий по ревитализации и водоохране [5]. В городских условиях реки были повсеместно модифицированы для различных целей, в том числе и для снижения рисков наводнений. Это развитие привело к серьезным экологическим дисфункциям, описываемым как «синдром городского ручья», который характеризуется более яркой гидрографией, повышенной концентрацией загрязняющих веществ, измененной морфологией русла. Таким образом, ревитализация рек направлена на восстановление экологических функций проточных водных экосистем [6].

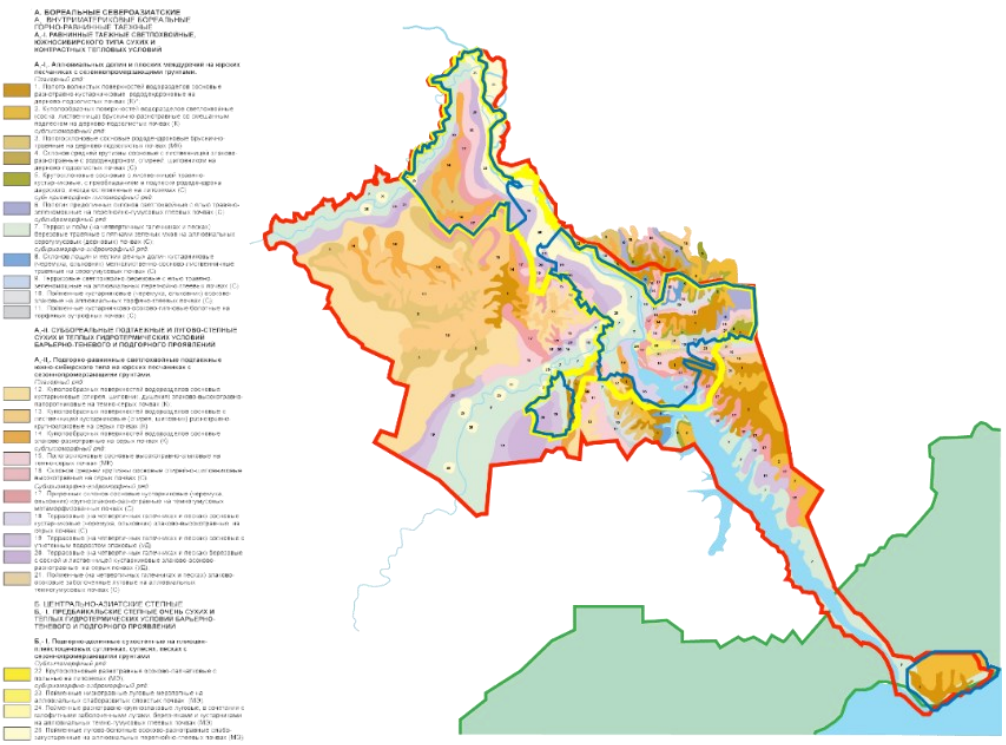


Рис. 5. Природно-ресурсный потенциал. Ландшафт
Fig. 5. Natural resource potential. Landscape

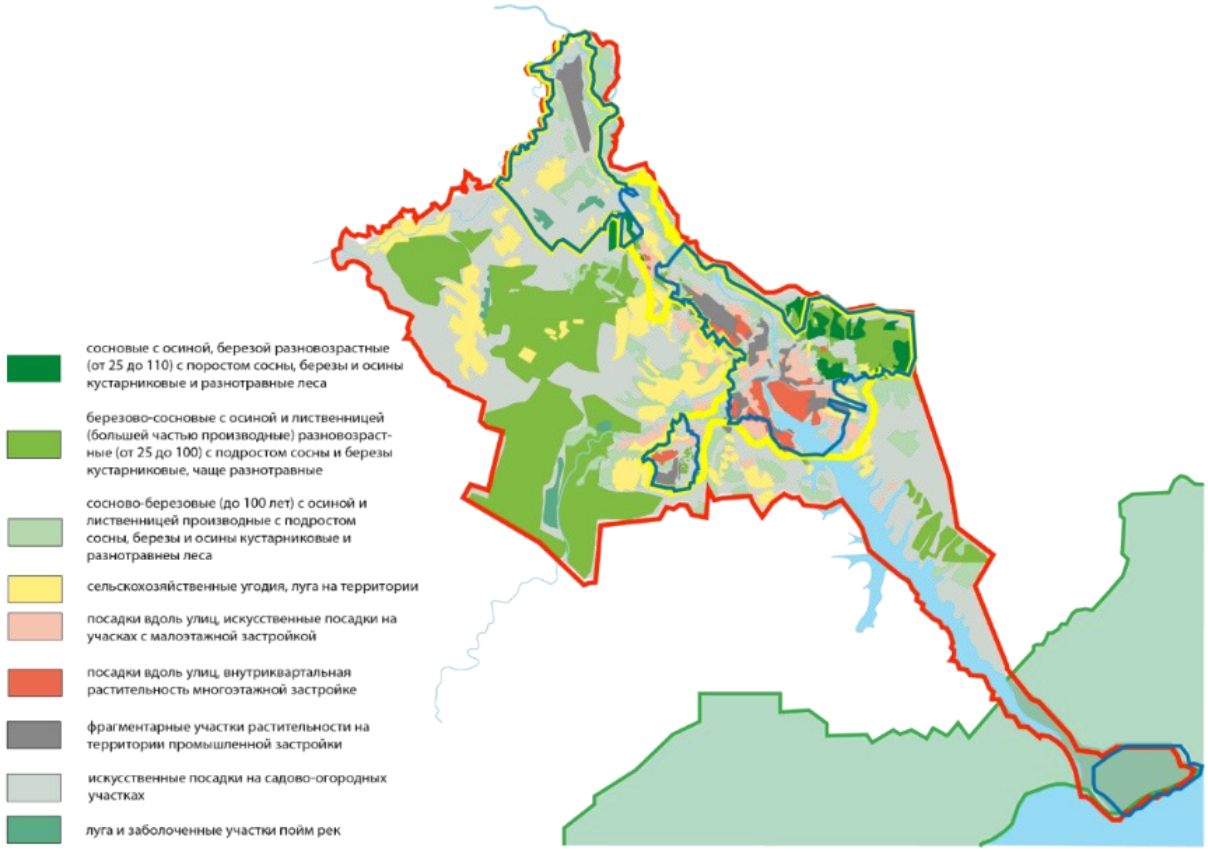


Рис. 6. Природно-ресурсный потенциал. Растительность
Fig. 6. Natural resource potential. Vegetation

Вредное воздействие вод (рис. 7). Как выявлено ранее, берега Ангары находятся в зоне риска вредного воздействия вод – затопления и подтопления. Одной из основных причин затопления является повышение уровня воды при весеннем половодье, летних дождевых паводках и осеннее-зимне-весенних ледовых явлениях (заторах и зажорах).

Площадь опасной зоны прибрежных территорий Ангары – 888,46 га, что составляет 18 % от общей площади опасной зоны.

Процесс подтопления обусловлен тремя основными причинами: изменением гидрологического режима Ангары после сооружения плотины Иркутской ГЭС, созданием искусственных преград с низкой проницаемостью на пути подземного потока, постоянными авариями и утечками изношенных систем инженерных инфраструктур.

Наибольшую опасность подтопление представляет для подвалов и нижних этажей зданий и сооружений, расположенных на низких отметках местности, т.е. на территориях, находящихся в непосредственной близости от реки [7].

Загрязнение растительности (рис. 8). Процесс формирования антропогенных ландшафтов всегда носил прогрессивный, но в то же время пульсирующий характер [8]. При этом уровень техногенного загрязнения атмосферного воздуха и высокая рекреационная нагрузка являются основными негативными факторами влияния на рост растительности и состояние почвенного покрова.

Иркутский алюминиевый завод, расположенный в промышленной зоне Шелехова, считается самым главным источником загрязнения окружающей среды в Иркутской агломерации. Кроме того, в Иркутске и на территориях сопредельных ему поселений расположены и другие предприятия разных промышленных отраслей, в частности химической, машиностроительной, пищевой, металлообрабатывающей, деревообрабатывающей и др. Хорошо развиты сети электро- и теплоснабжения. Наиболее загрязненными территориями являются центр Иркутска, его северо-восточная окраина и промышленные центры агломерации – Ангарск и Шелехов [7].

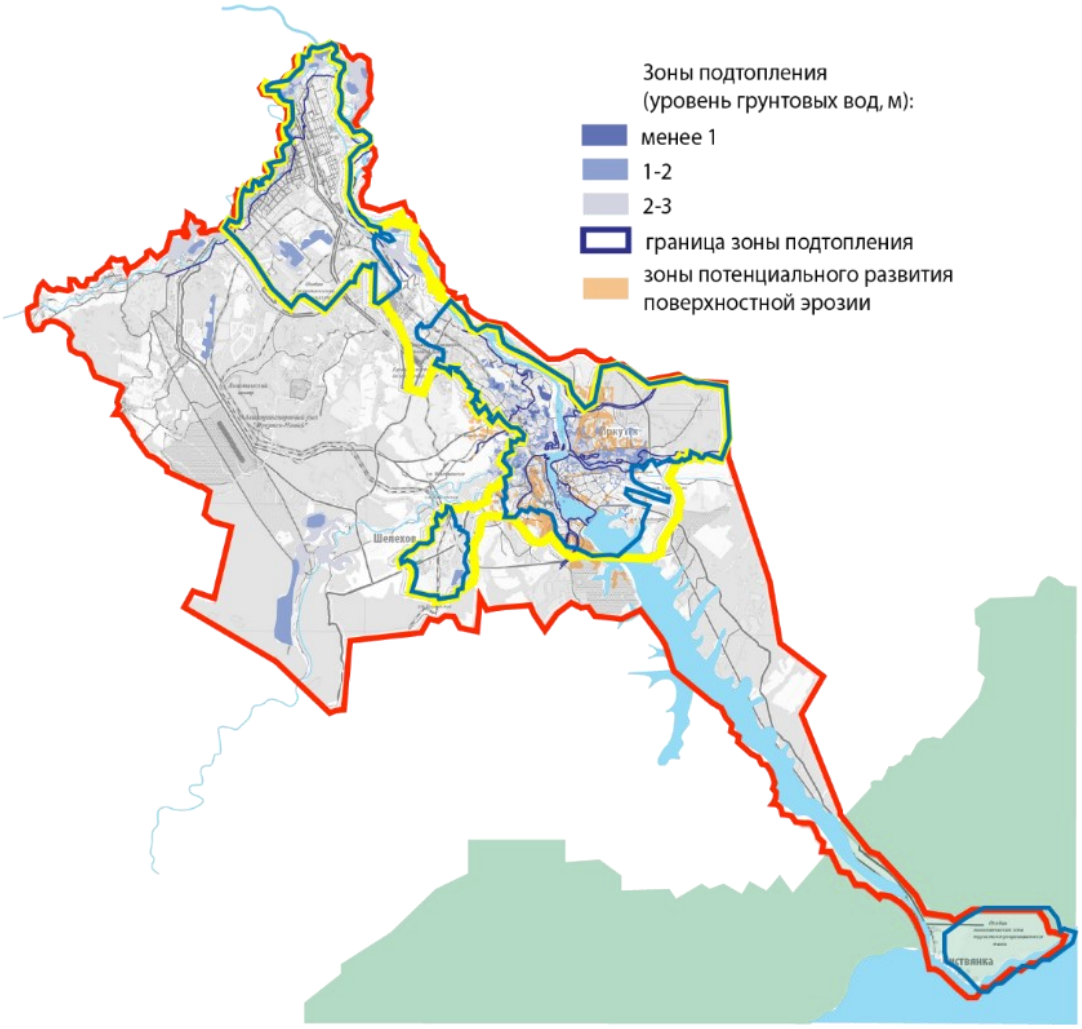


Рис. 7. Схема зон подтопления
Fig. 7. Scheme of flooding zones

Экономико-социальный потенциал. Основной причиной роста городской агломерации (ее главной движущей силой) является миграция населения в города и муниципальные районы, движимая воодушевлением населения в поисках более привлекательных условий жизни. Важные факторы влияния на миграцию зависят от экономической и жилищной сфер. Социальная сфера, которая во многом варьируются от личных потребностей населения, рассматривается только при условии развития двух предыдущих сфер.

Баланс экономико-социального потенциала прибрежных территорий Большого Иркутска в целом сильно нарушен. В удаленных от центра агломерации поселениях недостаточно возможностей для развития экономико-социальной сферы. Рост экономики замедлен в связи с отсутствием крупных и средних предприятий, а также ограничением разнообразия торговли и сферы услуг.

Социальная инфраструктура либо малочисленна, либо вовсе отсутствует. Иркутск, благодаря широкому спектру объектов непроизводственной сферы, обладает положительным экономико-социальным потенциалом. В то время как в Ангарске и Шелехове – крупных промышленных центрах – наблюдается снижение занятости в промышленности и, как следствие, сокращение занятости в других сферах экономики при сохранении высокого уровня социальной инфраструктуры еще советских времен.

Проблематика прибрежных территорий реки Ангары

Общими проблемами прибрежных территорий современных российских постиндустриальных городов являются экологические, в частности проблема заброшенности таких участков и отсутствие ухода за ними, что способствует усилению депрессивности прилегающих городских территорий.

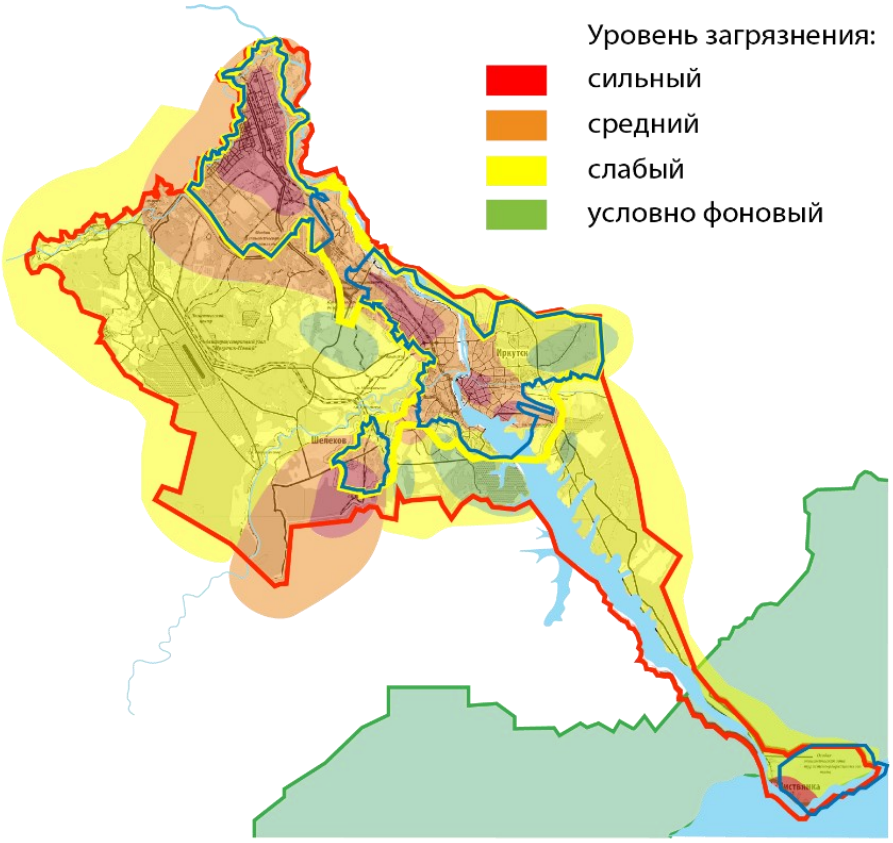


Рис. 8. Схема загрязнения растительности
Fig. 8. Scheme of vegetation pollution

Современные процессы развития населенных пунктов агломерации характеризуются следующими негативными последствиями урбанизации:

– стихийное расширение городских территорий вследствие резкого роста индивидуальной малоэтажной застройки, что ведет к неупорядоченности планировочной структуры;

– неудовлетворительное состояние транспортной инфраструктуры, вызванное увеличением количества личного автотранспорта, что также ведет к загрязнению воздушного бассейна;

– возникновение социально неблагополучных зон в периферийных районах городов;

– перенасыщение центральных зон городов общественно-деловыми функциями, вследствие чего территории испытывают сильные экологические нагрузки;

– уменьшение количества природно-рекреационных территорий по причине их застройки;

– недостаток озелененных территорий в структуре города, особенно в его центральных районах[5].

По результатам комплексного анализа факторов, влияющих на формирование различных территориальных зон в структуре исследуемых прибрежных территорий реки Ангары в пределах Иркутской агломерации, были выявлены четыре аспекта проблематики данных территорий:

Экологический аспект:

– высокая антропогенная нагрузка;

– угроза паводков и наводнений;

– необходимость реабилитации берегов;

– отсутствие устойчивого экологического каркаса.

Транспортный аспект:

– необходимость поиска роли реки в улично-дорожной сети;

– агрессивная среда для пешеходов;

– недостаток парковочных мест;

– высокая загруженность основных автотранспортных направлений;

– высокий уровень изношенности инженерных систем.

Планировочный аспект:

– несистемный подход к планированию структуры застройки;

[5]Красильникова Э. Э. Урбоэкологический подход к градостроительной структуре города: дис... д-ра архитектуры. Братислава, 1999. 147 с.

– недостаток связей с рекой (реками);

– неэффективное использование бывших промышленных территорий.

Экономико-социальный аспект:

– отсутствие визуально-пространственной организации среды;

– нехватка качественных общественных пространств;

– нехватка объектов социального обеспечения, в т.ч. объектов здравоохранения и образования;

– недостаточно возможностей для роста экономики.

Заключение

Исторически сложилось, что прибрежные территории являются важной частью городского каркаса: они предоставляют ресурсы и услуги как экологические, так и социальные, что делает их местами, идеальными для поселения, а в последнее время и для крупной урбанизации.

В наши дни использование ландшафта как особого градостроительного инструмента, поддерживающего и провоцирующего возникновение «нового», является актуальным аспектом градостроительной регенерации [9]. Ландшафтный урбанизм обещает интегрировать бывшие промышленные объекты в пространственный и социальный порядок современного города с помощью экологической функции.

Наиболее значимыми элементами природного ландшафта являются пойменные территории. При их использовании необходим особый профессиональный подход, что позволит сохранить в значительной степени природно-рекреационную ценность ландшафтов прибрежных территорий [10].

Достижение экологической безопасности среды может быть обеспечено сочетанием гибкого управления оптимизацией морфологической структуры городского ландшафта, при условии нормального функционирования территорий, с поддержанием и сохранением процессов саморегулирования природных компонентов ландшафта.

Выявленная проблематика позволяет определиться с ее основными аспектами и является следствием отсутствия общих стратегий и направлений преобразования и развития исследуемых прибрежных территорий в условиях агломерации.

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что для устойчивого развития прибрежных территорий реки Ангары в условиях Иркутской агломерации необходимо учитывать транспортный, планировочный, экологический и экономико-социальный аспекты влияния. Особенно следует обратить внимание на высокий уровень загрязнения Ангарского бассейна и побережья в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Богданов В. Н., Корытный Л. М., Емельянова Н. В., Антипина Ю. В. Социально-экологические особенности субурбанизации в Иркутской агломерации // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 28–33. https://doi.org/10.24411/1816-1863-2019-13028.

2. Большаков А. Г., Бобрышев Д. В. Идея перспективной структуры Иркутской агломерации // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2011. № 8. С. 91–98.

3. Большаков А. Г. Принципы организации прибрежных территорий как экологического каркаса города // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Биология. Экология. 2011. Т. 4. № 2. С. 5–11.

4. Krasilnikova E., Antjufeev A. Creation of costal and recreation spaces on coastal territories // Strategic decision making in spatial development, peer-reviewed collection of contributions, ROAD and SPECTRA Centre of Exellence EU. Bratislava: STU, 2014. p. 59-87.

5. Емельянова Е. К., Горошко Н. В. Ретроспектива экологической проблемы приречных пространств малых рек в городской черте Новосибирска // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2018. № 4 (15). С. 4.

6. Zingraff-Hamed A., Greulich S., Wantzen K. M., Pauleit S. Societal Drivers of European Water Governance: A Comparison of Urban River Restoration Practices in France and Germany // MDPI. 2017. Vol. 9 (3). p. 206. https://doi.org/10.3390/w9030206.

7. Атлас развития Иркутска / под ред. Л. М. Корытного, А. Р. Батуева, А. В. Белова, Л. А. Безрукова, В. Н. Богданова, С. В. Рященко. Иркутск, 2011. 131 с.

8. Низовцев В. А. Начальные этапы антропогенной эволюции ландшафтов России // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: материалы XII Международной ландшафтной конференции (Тюмень – Тобольск, 22–25 августа 2017 г.). 2017. Т. 2. С. 200–203.

9. Климов Д. В., Красильникова Э. Э. Принципы формирования гибридных пространств в

условиях градостроительной регенерации территории города // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 4. С. 85–89.
10. Кламер М. А., Дружинина И. Е., Глебова Н. М. Особенности расположения реки Ушаковки в Иркутске и ее природный потенциал // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2017. Т. 7. № 2. С. 117–125.

REFERENCES

1. Bogdanov VN, Korytny LM, Emelyanova NV, Antipina YuV. Socio-ecological characteristics of suburbanization in the Irkutsk agglomeration. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii = Ecology of urban areas*. 2019;3:28-33. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/1816-1863-2019-13028.
2. Bolshakov AG, Bobryshev DV. Idea of prospect structure of Irkutsk agglomeration. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2011;8:91-98. (In Russ.).
3. Bolshakov AG. Riverside territories as the part of urban ecological carcass. Principles of organization. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Biologiya. Ekologiya = The Bulletin of Irkutsk State University. Series «Biology. Ecology».* 2011;4(2):3-11. (In Russ.).
4. Krasilnikova E, Antjufeev A. Creation of costal and recreation spaces on coastal territories. *Strategic decision making in spatial development, peer-reviewed collection of contributions, ROAD and SPECTRA Centre of Exellence EU*. Bratislava: STU; 2014. p. 59-87.
5. Emelyanova EK, Goroshko NV. Retrospective of the ecological problem of the riverine spaces of small rivers in the city of Novosibirsk. *Elektronnyi nauchno-metodicheskii zhurnal Omskogo GAU = Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU*. 2018;4(15):4. (In Russ.).
6. Zingraff-Hamed A, Greulich S, Wantzen KM, Pauleit S. Societal Drivers of European Water Governance: A Comparison of Urban River Restoration Practices in France and Germany. *MDPI*. 2017;9(3):206. https://doi.org/10.3390/w9030206.
7. Korytny LM, Batueva AR, Belova AV, Bezrukova LA, Bogdanova VN, Ryashchenko SV (eds). Atlas of Irkutsk development. Irkutsk, 2011. 131 p. (In Russ.).
8. Nizovtsev VA. Initial stages of anthropogenic evolution of Russia's landscapes. Collection: Landscape Science: Theory, Methods, Landscape-Ecological Support of land use and sustainable development: Proceedings of the XII International Landscape Conference (Tyumen-Tobolsk, 22-25 August 2017). 2017. Vol. 2. p. 200-203. (In Russ.).
9. Klimov DV, Krasilnikova EE. Formation principles of hybrid spaces in terms of urban planning regeneration of the city. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo = Academia. Architecture and construction*. 2016;4:85-89. (In Russ.).
10. Klamer MA, Druzhinina IE, Glebova NM. Arrangement peculiarities of Ushakovka river in Irkutsk and its natural potential. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2017;7(2):117-125. (In Russ.).

Информация об авторе

В. А. Игнатенкова,
аспирант кафедры градостроительства,
Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
190005, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6462-6147

Information about the author

Vera A. Ignatenkova,
Post-graduate student of the Department
of Urban Planning,
Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
4 Vtoraya Krasnoarmeiskaya st.,
Saint Petersburg, 190005, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6462-6147

Вклад автора

Автор провел исследование, подготовил статью к публикации и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

The author has conducted the study, prepared the article for publication and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 01.10.2021.
Одобрена после рецензирования 27.10.2021.
Принята к публикации 28.10.2021.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

The article was submitted 01.10.2021.
Approved after reviewing 27.10.2021.
Accepted for publication 28.10.2021.

Научная статья
УДК 338.28+69
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-716-729

Инновационное развитие регионов России на основе требований «зеленого» строительства: тенденции, проблемы и направления решений

Оксана Николаевна Киселева[1]✉, Елена Александровна Сухинина[2]
[1,2]Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.,
г. Саратов, Россия
[1]oksana@briik.ru✉
[2]arx-art-lena@yandex.ru

Аннотация. Цель работы заключается в исследовании причин недостаточного проникновения «зеленых» стандартов в сферу строительства в России как фактора интенсификации инновационного развития регионов и страны в целом и определении направлений по нивелированию существующей проблемы. С применением сравнительного анализа проведено исследование уровня инновационного развития регионов, а также степени интенсивности реализации экологических проектов в строительстве, позволившее выявить недостаточный уровень проникновения «зеленых» технологий в отечественную практику. В качестве одной из важнейших причин существующей проблемы выделяется медленное развитие экологического сертифицирования и низкая проработанность экологических стандартов. Проведенное на основе математических методов сравнение действующих в отечественной практике и за рубежом «зеленых» стандартов это подтвердило. Сформулированы основные направления решения выявленных проблем, выраженные в актуализации фокуса государственного интереса к вопросу реализации «зеленых» проектов, формировании необходимого кадрового, ресурсного обеспечения для реализации преобразований в строительной отрасли как одного из условий активизации инновационной деятельности регионов, соответствующем обосновании проектов «зеленого» строительства с точки зрения их эффективности. Реализация выявленных направлений по решению существующих проблем позволит не только повысить уровень «зеленого» строительства в регионах и по стране в целом, но и создаст благоприятные условия для их инновационного развития.

Ключевые слова: инновационное развитие регионов, «зеленое» строительство, инновационные технологии, экологические стандарты, экологические технологии

Для цитирования: Киселева О. Н., Сухинина Е. А. Инновационное развитие регионов России на основе требований «зеленого» строительства: тенденции, проблемы и направления решений // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 716–729. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-716-729.

Original article

Innovation-driven development of Russian regions based on sustainable construction: trends, issues and progress

Oksana N. Kiseleva[1]✉, Elena A. Sukhinina[2]
[1,2]Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia
[1]oksana@briik.ru✉
[2]arx-art-lena@yandex.ru

Abstract. In the present work, we discuss reasons and solutions for the insufficient inclusion of sustainable construction standards in Russia as a factor in intensifying innovation-driven growth of regions and the entire country. A comparative analysis was conducted to assess the current level of innovative development, as well as the degree of implementation of environmental projects in the construction industry. It was found that "green" technologies are yet to be implemented in domestic practices. One major reason comprises undeveloped environmental certification standards, which was confirmed by comparing domestic and foreign practices using mathematical methods. The main directions for solving

the identified problems include increasing state interest in implementing environmental projects, forming necessary staffing and resource support for transforming the construction industry as a condition for enhancing the innovation activity in regions and justifying the efficiency of "green" construction. The implementation of the above approaches will improve environmental construction in the country, at the same time as creating favourable conditions for its innovative development.

Keywords: innovative development of regions, green construction, environmental standards, environmental technologies

For citation: Kiseleva O. N., Sukhinina E. A. Innovation-driven development of Russian regions based on sustainable construction: trends, issues and progress. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):716-729. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-716-729.

Введение

Общий уровень инновационного развития государства определяется степенью интенсивности инновационного развития отдельных регионов и отраслей, поэтому в контексте трансформации отечественной экономики из развивающейся в развитую особая роль принадлежит региональным и отраслевым инновационным системам как составляющим единой инновационной системы страны.

Наряду с совокупностью организаций и предприятий, осуществляющих разработку и реализацию инноваций, а также обеспечивающих их проникновение в социально-экономические процессы общества, важнейшим драйвером инновационного развития региона является его строительная индустрия, создающая необходимые материальные условия для возможного функционирования и развития.

Соответственно, данная сфера также должна отвечать на новые вызовы современной экономики, обеспечивать возможность генерации и широкого применения результатов разработок в области строительства, спектр которых может варьироваться от новых материалов, технологических и организационных решений до новых средств и методов возведения объектов.

Одним из таких перспективных направлений, основанных на реализации ресурсосберегающих технологий с минимальным (или отсутствующим) негативным влиянием на окружающую среду, является «зеленое» строительство, которое, как показывает опыт зарубежных стран, не только обеспечивает устойчивость инвестиционно-строительных процессов, но и формирует фундаментальную основу для инновационного развития регионов и страны в целом.

«Зеленое» строительство – это деятельность по созданию экологичных объектов, в основе которой лежит ориентация на сокращение объемов использования различного рода ресурсов (материалов, энергии, времени) на протяжении периода функционирования данных объектов при том, что создаются благоприятные условия для человека как во внутренней среде помещений, так и на окружающей его территории. В настоящее время возведение объектов «зеленого» строительства регламентируется требованиями систем экологической сертификации зданий, что обеспечивает более быстрый переход от традиционного проектирования к устойчивому [1].

Как показывает отечественная практика, технологии «зеленого» строительства при существующем потенциале еще не получили соответствующего распространения ни в отдельных регионах, ни на уровне страны в целом, что не позволяет в полной мере реализовать возможности в контексте инновационной активности. Соответственно, для решения проблемы обеспечения условий для «инновационного» скачка необходимо обратить внимание на вопросы интенсификации процессов, связанных с осуществлением проектов «зеленого» строительства как одного из факторов, способствующих инновационному развитию.

Методы

Существующая целевая установка на переход к экономике инновационного типа усиливает роль регионов в данном вопросе, так как уровень развития отдельных территорий, степень локальной концентрации инновационных ресурсов и формирование центров знаний и передовой инфраструктуры определяют в целом траекторию агрегированного инновационного процесса в государственном масштабе.

Приоритеты государственной политики и векторы регионального развития определены Стратегией пространственного развития Рос-

сии на период до 2025 г. (далее – Стратегия-2025), целью которой является «обеспечение устойчивого и сбалансированного пространственного развития Российской Федерации»[1]. Для достижения поставленной цели в Стратегии-2025 сформулированы основные задачи, направления, механизмы и перечень отраслей перспективной экономической специализации регионов. Естественно, что одним из важнейших направлений в данном контексте является повышение уровня инновационной активности регионов России.

На основе сравнительного анализа данных официальных статистических отчетов и рейтингов определим регионы, демонстрирующие в настоящее время лидирующие позиции на шкале инновационного развития [2].

В качестве составляющих рейтинговой оценки уровня инновационного развития регионов нашей страны указанного аналитического источника используются показатели научно-технического потенциала, инновационной деятельности, качества инновационной политики и экспортной активности, а также показатели социально-экономических условий инновационной деятельности, включающие основные макроэкономические показатели, образовательный потенциал и потенциал цифровизации.

В рейтинге субъектов Российской Федерации по значению индекса «социально-экономические условия инновационной деятельности» пятерку лидеров составляют: г. Москва, Ямало-Ненецкий автономный округ, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан и Томская область. Согласно значениям индекса «научно-технический потенциал», лидерами являются Томская, Ульяновская и Тюменская область. Замыкают пятерку лидеров г. Санкт-Петербург и Нижегородская область. В качестве лидеров по индексу «инновационная деятельность» выступают: Чувашская Республика, г. Москва, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан и Томская область. Индекс «экспортная активность» выделяет на лидирующих позициях г. Санкт-Петербург, Приморский край, Тульскую область и г. Москву.

В пятерку лидеров также входит Республика Хакасия. При оценке интенсивности процессов создания, внедрения и практического использования технологических, организационных и маркетинговых инноваций в субъектах Российской Федерации к лидерам отнесены Чувашская Республика, Москва, Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Томская область, Нижегородская область, Республика Мордовия.

В целом же, в первую группу регионов, возглавляющих рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации по показателю российского регионального инновационного индекса, входит шесть регионов, а именно: г. Москва, г. Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Томская область, Нижегородская область, Московская область.

По географическому распределению лидеры рейтинга находятся в Центральном и Приволжском федеральных округах. Результаты рейтингования указанных регионов представлены в табл. 1. Как отмечается экспертами, в настоящее время отсутствует равномерность в отношении развития отдельных показателей и характеристик инновационной активности отдельных территорий [2].

Таким образом, официальная статистика и аналитические отчеты, отражающие динамику инновационного развития регионов, демонстрируют нам активное инновационное развитие центральных регионов и регионов, обладающих существенными финансовыми ресурсами, благодаря поддержке бюджета государства и наличию активно реализуемых природных ресурсов. Конечно, различные «стартовые» условия, характеризующиеся расположением, «исторически» сложившейся отраслевой структурой, отношением к бюджету и обеспеченностью ресурсами, которые можно продавать на внешнем и внутреннем рынке, не позволяют унифицировать процесс инновационного развития для всех регионов.

С уверенностью можно говорить лишь о том, что такое развитие должно быть сбалансированным, то есть не только происходить во всех направлениях, но и определять взаимодополняемость и синхронизированность по темпам изменений различных сфер и составляющих экономики региона, элементов его инновационного потенциала.

Другими словами, «высокими» должны быть не только показатели инновационной деятельности хозяйствующих субъектов, выраженные в объемах произведенной и реализованной инновационной продукции, но и уровень развития среды, необходимой для ее осуществления.

---

[1]Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года // Министерство экономического развития Российской Федерации. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2025_goda (14.07.2021).

Таблица 1. Рейтинг регионов России по уровню инновационного развития
Table 1. Rating of Russian regions by the level of innovative development

Регион	Индексы					
	Российский региональный инновационный индекс	Социально-экономические условия инновационной деятельности	Научно-технический потенциал	Инновационная деятельность	Экспортная активность	Качество инновационной политики
Москва	0,5508	0,5673	0,4549	0,5882	0,5664	0,5807
Санкт-Петербург	0,5304	0,5268	0,4860	0,5841	0,5792	0,4968
Республика Татарстан	0,4984	0,5160	0,3571	0,5510	0,4816	0,5815
Томская область	0,4922	0,4785	0,5495	0,5302	0,3581	0,5126
Нижегородская область	0,4813	0,4035	0,4711	0,5266	0,5033	0,5365
Московская область	0,4585	0,3868	0,4464	0,4339	0,4693	0,5783

В настоящее время региональный аспект инновационного развития находится в плоскости двух взаимодополняющих и взаимоусиливающих векторов: первого – повышения инновационной активности как фактора перехода отечественной экономики к инновационному типу – и второго – развития территорий с целью предотвращения существующего дисбаланса и создания единого целостного пространства реализации эффективных социально-экономических процессов.

Так, по индексу «социально-экономические условия инновационной деятельности» рассматриваются показатели, ориентированные, прежде всего, на характеристику обеспеченности трудовыми ресурсами, основными средствами и средствами цифровизации.

Как кажется, данная совокупность показателей не предоставляет целостной картины, характеризующей условия для осуществления инновационной деятельности в регионе, что определяет необходимость расширения диапазона оцениваемых факторов, в том числе с точки зрения уровня развития «обеспечивающей» базы, выраженной в степени трансформации инфраструктуры, материально-технологического комплекса, которые непосредственно влияют на скорость и интенсивность осуществления инновационной деятельности в регионе.

Инновационная экономика – это не только производство и реализация высокотехнологичной продукции. Специалистами указывается, что на сегодняшний день на «зеленую» экономику приходится около 40 % мировых инноваций, из которых половина ориентирована на более рациональное использование энергии, являющееся ключевым фактором «зеленой» экономики. В данном направлении исследователи рассматривают «зеленую» экономику как составную часть инновационной экономики, постепенно занимающей в ней все большее место [3]. Как указывается, внедрение принципов «зеленой» экономики в национальные системы стратегического планирования является одним из условий устойчивого развития в мире [4], в связи с чем развитые страны создают необходимые условия для их практического воплощения [5]. Так, в развитых странах активно разрабатываются и внедряются так называемые экологические инновации, направленные на рециркулирование материалов, переработку отходов, очистку почвы от загрязнений [6].

Неотъемлемой частью «зеленой» экономики является «зеленое» строительство, идеология которого направлена на непрерывную модернизацию энергоэкологических, экономических и социально-культурных аспектов человеческой жизнедеятельности, обеспечивающих экологическую устойчивость этих процессов.

Базовая цель экологического строительства – нивелирование негативного воздействия строительства на окружающую среду и человека посредством внедрения в процессы возведения инновационных экологических решений [7]. Указанная цель может быть достигнута за счет более эффективного использования ресурсов, сокращения негативного воздействия на окружающую среду, использования альтернативных источников ресурсов, меньшей материало- и ресурсоемкости [8].

Строительство занимает лидирующую позицию в рейтинге наиболее ресурсозатратных секторов экономики. В рейтинге стран мира по потреблению электроэнергии Россия занимает 28 место из 135[2], что отражает особую актуальность вопросов реализации принципов «зеленого» строительства в контексте интенсификации процессов инновационного развития.

Согласно исследованию *Active Capital 2020*[3] международной консалтинговой компании *Knight Frank*, лидером по экологическому строительству является Абу-Даби, где насчитывается более 22,4 тыс. «зеленых» зданий. В «топе» рейтинга находятся Лос-Анджелес (1,2 тыс. зданий), Нью-Йорк, Чикаго и Хьюстон (по 1 тыс. зданий). Всего *Knight Frank* называют 15 кластеров экологического строительства, среди них – Сидней, Париж, Мельбурн, Стокгольм и другие. В целом, на сегодняшний день в мире насчитывается более 120 тыс. «зеленых» зданий. В Российской Федерации также имеются примеры реализации «зеленого» строительства. По данным того же исследования, в 2020 году в России насчитывалось 177 сертифицированных зданий. В 2011 году в Москве был построен первый в стране «зеленый» офис – 14-этажный бизнес-центр «Дукат Плейс III» (сертификат *BREEAM*). В 2012 году возведен «зеленый» бизнес-центр «Японский дом» с теплицей для выращивания фруктов и овощей, эффективной теплоизоляцией и вторичным использованием технической воды (сертификат *BREEAM*). В 2013 году в Тульской области осуществлен пилотный проект жилого «Дома Надежды» средней этажности по программе «Социальное жилье для переселенцев» (сертификат *LEED* и «Зеленые стандарты») (рис. 1).

Рис. 1. Экологически сертифицированные здания в России: *1* – бизнес-центр «Японский дом»; *2* – офисное здание *Ducat Place III*; *3* – «Дом надежды»

Fig. 1. Environmentally certified buildings in Russia: *1* - Japanese House Business Center; *2* - Ducat Place III office building; *3* - House of Hope

[2]Рейтинг стран мира по уровню потребления электроэнергии [Электронный ресурс] // Гуманитарный портал. URL: https://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info (10.12.2019).

[3]Active Capital The Report - 2020 // Knight Frank. Available from: https://www.knightfrank.com/research/report-library/active-capital-the-report-7474.aspx (11.08.2021).

Согласно авторскому исследованию, «зеленые» здания в России можно разделить на группы по функциональному назначению в следующем процентном соотношении (рис. 2): торгово-развлекательные (24 %); гостиничные и жилые комплексы (5 %); научные центры (5 %); производственно-складские сооружения (15 %); спортивные объекты (5 %); офисно-административные здания (45 %); другие (1 %). Основными требованиями при возведении объектов «зеленого» строительства являются не только применение современных материалов и ресурсосберегающих технологий, но и создание благоприятной и безопасной внутренней среды объекта, обеспечивающих комфортное нахождение в нем. Завершает контур требований соответствующее территориальное расположение объекта относительно окружающей инфраструктуры. Очевидно, что необходимость соответствия указанным требованиям определяет более высокую стоимость строительства таких объектов (в среднем, превышение составляет 8–10 % от стоимости обычного здания), однако их инвестиционная привлекательность обеспечивается сокращением расходов на содержание и обслуживание (на 25–30 %), более высокой арендной платой (на 2–16 %) и ценой продажи (на 5,8–35 %) [9]. Несмотря на очевидную актуальность «зеленого» строительства, в том числе как фактора инновационного развития, которая усиливается целевыми государственными установками, отраженными, например, в Национальном проекте «Экология», Постановлении от 21.09.2021 г. № 1587, устанавливающем критерии для развития «зеленых» проектов, сегодня данному вопросу не уделяется достаточного внимания.

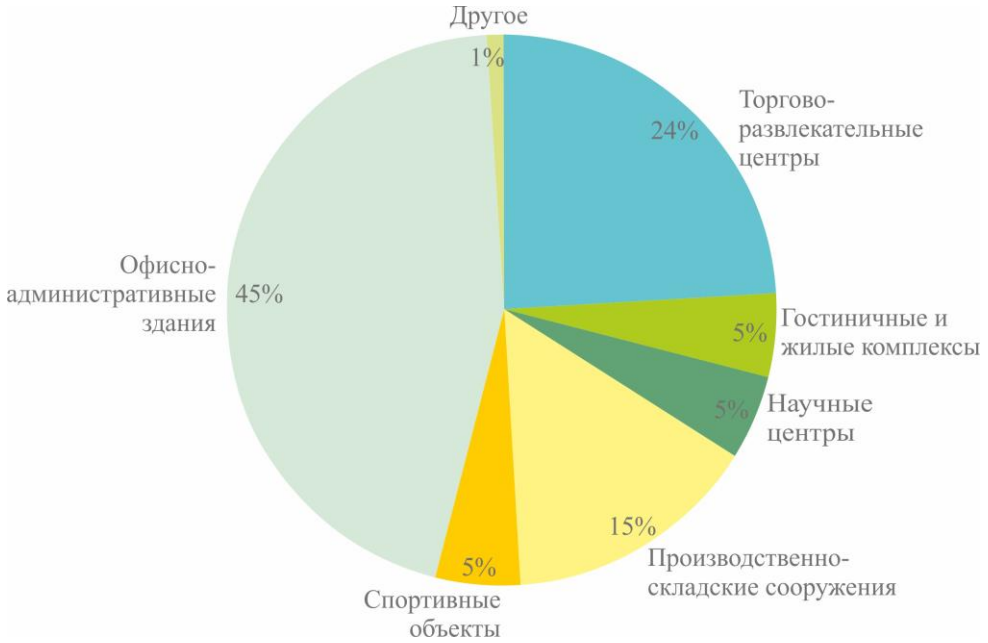


Рис. 2. Диаграмма процентного соотношения сертифицированных зданий в России
Fig. 2. Diagram of the percentage of certified buildings in Russia

Так, изучение аналитических источников информации в рассматриваемом ракурсе не позволяет определить как динамику, так и структуру внедрения объектов «зеленого» строительства в отдельных регионах и по стране в целом.

Например, в «Рейтинге открытости регионов России к “Зеленому курсу”», сформированном на основе официальных ответов органов власти субъектов РФ организации *Greenpeace*, можно встретить указание на «пассивные (высокоэффективные) здания», представляющие собой решение, готовое к распространению на других территориях, которое позволяет сократить выбросы углекислого газа и расходы электроэнергии, а также обеспечивает домашний комфорт.

Однако, как показывает рейтинг, основные усилия регионов сосредоточены на развитии системы велосипедных дорожек, замене мусорных контейнеров, снижении объемов мусора[4].

[4]Рейтинг открытости регионов России к «Зелёному курсу» [Электронный ресурс]. 2021. URL: https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2021/08/Reiting_regionov.pdf (17.08.2021).

На основе существующих фрагментарных данных можно лишь резюмировать, что основное сосредоточение «зеленых» объектов в настоящее время отмечается в г. Москве и г. Санкт-Петербурге. Можно отметить и г. Сочи, где строительство таких объектов было определено проведением Олимпиады 2014 г.

Очевидно, что корреляционную связь между уровнем инновационного развития региона и интенсификацией «зеленого» строительства на основе существующих данных подтвердить расчетами невозможно, тем более не представляется возможным и «образмерить» положительное влияние «зеленого» строительства на уровень инновационной активности. Данное утверждение можно лишь обосновывать, оглядываясь на опыт развитых стран [1, 10].

В России «зеленое» строительство распространено недостаточно, что определяется рядом причин. Среди них и свойственный нам «консервативный» менталитет, и более высокие показатели бюджета таких проектов, и недостаток квалифицированных специалистов в данной сфере, а также отсутствие активной поддержки со стороны государства [11, 12].

Как указывается исследователями, основой продвижения инновационных технологий (в том числе экологических), независимо от государства, является соответствующее нормативное и законодательное обеспечение [13–15].

Экологическое развитие строительства регулируют соответствующие строительные нормы и стандарты, различные системы сертификации. На сегодняшний день экологическая сертификация объектов недвижимости по «зеленым» стандартам с применением последних технологий называется в качестве одного из важнейших векторов инновацизации экономики и главным условием стабильного развития того или иного региона [16, 17].

Наиболее часто используемые в мировой строительной практике два международных экологических стандарта – британский *BREEAM* и американский *LEED* [18–20].

Приоритетными системами сертификации в российских городах остаются *BREEAM* и *LEED* (более 65 % от всех сертифицированных зданий) как показатели качества на рынке недвижимости.

В целом наблюдается диффузия принципов и объектов «зеленого» строительства в российских регионах, что является благоприятной тенденцией не только в инновационном аспекте, так как обеспечиваемая ими экологическая устойчивость формирует необходимый базис для результативного функционирования и генерации необходимой социально-экономической среды.

Однако очевидно, что темпы данной диффузии недостаточны, учитывая амбициозность поставленных целевых задач. Медленное развитие экологического сертифицирования зданий в России можно связать с рядом причин: недавним использованием рейтинговых систем; ресурсной зависимостью, «тормозящей» внедрение прогрессивных технологий; недостаточным интересом со стороны государства и дефицитом финансирования; длительной для инвесторов экономической выгодой; применением систем стандартификации чаще в сфере элитного строительства; недостаточным ознакомлением населения с необходимостью ресурсосбережения. По нашему мнению, одними из главных причин складывающейся ситуации становятся отсутствие сформированной законодательной базы по экологическому строительству и непроработанность экологических стандартов с учетом российских реалий.

Результаты и их обсуждение

Для определения приоритетных направлений, сильных и слабых сторон при экологической сертификации рассмотрим зарубежные и российские стандарты. Выделим константы для экологических разделов и их требований, переходящие от системы к системе.

В *BREEAM International New Construction* (Великобритания, 2016 г.) при подсчете процентного соотношения количества требований по разделам установлено, что в наибольшей степени учитывается «Здоровье и социальное благополучие» и «Энергия» (по 16,33 %).

Требования разделов «Материалы» и «Отходы» представлены в равной степени (по 10,92 %), одинаковое количество требований в разделах «Управление», «Транспорт», «Землепользование и экология», «Загрязнение» (9,1 %). Наименьшее количество требований в разделе «Вода» (7,9 %) и «Инновации» (1,2 %).

LEED v4 for Building Design and Construction (США, 2018 г.) включает схожие с *BREEAM* аспекты экологической оценки. Наибольшее количество критериев в разделах «Материалы и ресурсы» (22,8 %), «Внутреннее экологическое качество» (20,8 %), «Устойчивость расположения» (16,8 %), «Энергия и атмосфера» (14,4 %).

Требования разделов «Расположение и транспорт» и «Водоэффективность» представлены в равной степени (по 10,92 %). Небольшое количество критериев предусмотрено для «Интегрированного процесса», «Инно-

ваций» и «Региональных особенностей» (1,2 %).

При анализе зарубежных систем установлено, что в обязательном порядке рассматриваются такие экологические аспекты, как:

– повышение качества прилегающей территории;
– энергоэффективность;
– водоэффективность;
– микроклимат;
– материалы;
– отходы.

Сравним разделы *BREEAM* и *LEED* с выделенными приоритетными направлениями по значимости и количеству критериев в процентах (расчет количества требований по разделам производился без учета балльных оценок и коэффициентов) в табл. 2.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что наибольшее значение при оценке по английскому и американскому стандартам уделяется параметрам микроклимата и внутренней среды здания, оказывающим наибольшее влияние на самочувствие и здоровье человека, находящегося внутри помещений, материалам и отходам. Например, при оценке проектов по *BREEAM* и *LEED* необходимо предоставить информацию о воздействии использованных материалов на окружающую среду при их производстве, использовании, утилизации и о возможности их переработки и вторичного использования. Изучим структуру разделов по количеству требований российских стандартов («Зеленые стандарты» 2017 г., СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 «“Зеленое строительство”. Здания жилые и общественные» 2011 г., *GREEN ZOOM* «Новое строительство» 2019 г., ПНСТ 352-2019 «“Зеленые” стандарты. “Зеленые” технологии среды жизнедеятельности. Оценка соответствия требованиям “зеленых” стандартов. Общие положения» 2019 г.).

Таблица 2. Сравнение приоритетных аспектов экологичности зарубежных стандартов
Table 2. Comparison of priority aspects of environmental friendliness of foreign standards

Основные аспекты экооценки	**BREEAM**		**LEED**	
	Разделы экостандарта	**Количество требований, %**	**Разделы экостандарта**	**Количество требований, %**
Повышение качества прилегающей территории	Землепользование и экология	9,10	Устойчивость расположения	16,80
	Загрязнение	9,10		
Энергоэффективность	Энергия	16,33	Энергия и атмосфера	14,40
Водоэффективность	Вода	7,28	Водоэффективность	10,80
Микроклимат	Здоровье и социальное благополучие	16,33	Внутреннее экологическое качество	20,80
Материалы / отходы	Материалы	10,92	Материалы и ресурсы	22,80
	Отходы	10,92		

В «Зеленом стандарте» в наибольшей степени учитывается «качество и комфорт среды внутри помещений» (25,8 %), «энергосбережение и атмосфера» (16,8 %), «ландшафтное обустройство и сохранение или восстановление среды обитания» (11,2 %).

В СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011 наибольшее количество требований в разделах «Комфорт и качество внешней среды» (21,7 %), «Качество архитектуры и планировки объекта» (17,36 %), «Комфорт и экология внутренней среды» (13,20 %).

GREEN ZOOM особое внимание уделяет «экологии внутренней среды зданий» (29,68 %), «экологической устойчивости застраиваемой территории» (17,32 %), «энергоэффективности и снижению вредных выбросов в атмосферу» (14,84 %), «экологически рациональному выбору строительных материалов и управлению отходами» (14,84 %).

В ПНСТ 352-2019 наибольшее число критериев в разделах «Энергоэффективность среды жизнедеятельности» (15,5 %), «Комфорт среды жизнедеятельности» (14,3 %), «Воздух среды жизнедеятельности» (11,7 %), «Безопасность среды жизнедеятельности» (11,7 %). Сравним разделы российских стандартов по приоритетным направлениям (без учета балльных оценок и коэффициентов) в табл. 3. В целом определена недоста-

точная проработанность российских документов.

При сравнении систем можно сделать вывод, что наибольшее значение при экологической оценке уделяется параметрам микроклимата и внутренней среды здания, так как отечественные стандарты в большей степени ориентированы на зарубежные аналоги *BREEAM* и *LEED*. Наименьшее количество требований в разделах «Водоэффективность», «Использование экологичных материалов» и «Рациональное обращение с отходами».

В отличие от зарубежных, в российских стандартах не всегда оценивается интегрированный процесс проектирования, экономическая составляющая, расчет жизненного цикла материалов и инновации в проектировании как основы экономического развития объекта и территории. Такие показатели в большей степени связаны с недостаточной проработанностью нормативных актов по «зеленому» строительству в России.

В результате проведенного анализа законодательной базы Российской Федерации по экологическому проектированию и охране окружающей среды выявлено, что наибольшее количество документов за временной период с 1950 по 2021 годы было принято по охране природных ресурсов (31 %), на втором месте нормативно-правовые акты по созданию благоприятных микроклиматических условий внутри зданий и на прилегающей территории (24 %), на третьем месте – нормативы по энергосбережению (17,7 %). Наименьшее количество нормативов по выбору безопасных материалов для строительства (4,7 %), управлению отходами (4,5 %) и повышению водоэффективности объектов строительства (3,4 %).

Новым направлением государственной политики в 2020 г. стало «зеленое» финансирование, закрепленное наименьшим количеством документов (0,1 %).

Таблица 3. Сравнение приоритетных аспектов экологичности российских стандартов по количеству требований в разделах (в процентах)

Table 3. Comparison of priority aspects of environmental friendliness of Russian standards by the number of requirements in sections (percentage)

Повышение качества прилегающей территории	**Энергоэффективность**	**Водоэффективность**	**Микроклимат**	**Материалы / отходы**
Зеленый стандарт				
Ландшафтное обустройство и сохранение или восстановление среды обитания: 11,2 %	Энергосбережение и атмосфера: 16,8 %	Регулирование ливневых стоков и рациональное водопользование: 6,3 %	Качество и комфорт среды внутри помещений: 25,8 %	Материалы и ресурсы: 5,6 % Отходы, выбросы и хранение опасных материалов: 3,5 %
СТО НОСТРОЙ 2.35.4-2011				
Комфорт и качество внешней среды: 21,7 %	Энергосбережение и энергоэффективность: 8,68 %	Рациональное водопользование: 6,51 %	Комфорт и экология внутренней среды: 13,2 %	Экология создания, эксплуатации и утилизации объекта: 8,68 %
GREENZOOM				
Экологическая устойчивость застраиваемой территории: 17,32 %	Энергоэффективность и снижение вредных выбросов в атмосферу: 14,84 %	Водоэффективность: 8,48 %	Экология внутренней среды зданий: 29,68 %	Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами: 14,84 %
ПНСТ 352-2019				
Землепользование среды жизнедеятельности: 5,2 %	Энергоэффективность среды жизнедеятельности: 15,5 %	Вода среды жизнедеятельности: 7,8 %	Комфорт среды жизнедеятельности: 14,3 %	Материалы среды жизнедеятельности: 7,8 % Отходы среды жизнедеятельности: 10,4 %

Как показывает практика, ведущую роль при внедрении и распространении программ и проектов по экологическому направлению отводят именно государству, которым в рамках поддержки осуществляются различные мероприятия, ориентирующие на активизацию направлений «зеленой» экономики [21, 22].

Это могут быть различные виды и формы налогового льготирования, предоставление поддержки при формировании наилучших технологий, введение санкций в отношении применения неэкологичных технологий и веществ, выбросы от которых оказывают негативное влияние на окружающую среду, а также прекращение деятельности в отраслях, являющихся источниками формирования негативных факторов, наносящих вред территориальному и воздушному пространству как сфере обитания человечества. В данный перечень также можно включить и реализацию различных направлений просветительских и образовательных программ, применение государственных финансовых инструментов с целью поддержки проектов «зеленой» экономики. При этом в качестве основных факторов, сдерживающих рост «зеленой» экономики в целом и темпы реализации отдельных ее направлений, можно выделить низкий уровень развития нормативно-правового обеспечения вопросов в данной сфере, неопределенность и обусловленные ею риски, сопровождающие осуществление экологических проектов, более высокие затраты на обеспечение соответствия требованиям «зеленых» стандартов, снижающие интерес инвесторов к таким проектам.

Очевидно, что указанные проблемы можно решить только при непосредственном участии государства.

В частности, инновациями для новых средств и методов возведения «зеленых» объектов в российских регионах могли бы стать:

– современные экологические технологии, наносящие минимальный вред природному окружению;

– автоматизированные системы управления экологической безопасностью;

– повсеместное использование в строительных объектах альтернативных источников энергии и других инновационных решений, связанных с энерго- и ресурсосбережением;

– использование материалов с переработанной составляющей и материалов из вторичного сырья с отслеживанием всего жизненного цикла;

– увеличение количества экологических нормативов относительно рационального обращения с твердыми коммунальными отходами и отходами производства и потребления, сбора дождевой и уменьшения потребления питьевой воды для хозяйственных нужд.

Заключение

Таким образом, для повышения инновационной активности российских регионов следует уделить внимание вопросам интенсификации «зеленого» сертифицирования, что создаст экологически устойчивые условия для социально-экономических процессов.

Практика развитых стран свидетельствует о том, что «зеленое» строительство, применяющее широкий спектр экологических технологий, позволяет вывести на новый уровень экономику государства. Пока что использование «зеленых» стандартов в России приводит к существенному удорожанию экологичного проекта, что требует поиска дополнительных источников, в качестве которых могут выступить субсидии или реализация принципов государственно-частного партнерства. Поэтому очень важно обеспечить соответствующую государственную поддержку «зеленого» строительства. Также одним из приоритетных направлений в решении существующих проблем является развитие экологической политики в нашей стране посредством интенсификации процесса внедрения экологического образования на всех уровнях социума для формирования единой экологической культуры. Особенно важно обеспечить трансформацию существующего поведения потребителей в аспекте экологии на основе комплексного подхода, включающего обучение, пропаганду, информирование, проведение различных мероприятий по продвижению «зеленых» технологий. Комплексный подход через систему взаимосвязи ресурсосбережения, энергоэффективности, экологической безопасности и комфортных условий жизнеобеспечения будет способствовать эффективному взаимодействию инновационного потенциала и инновационной системы региона, что, в свою очередь, трансформируется в мощный драйвер его развития.

Россия обладает всеми необходимыми условиями для развития «зеленого» строительства, поэтому реализация законодательных и стимулирующих мер, прежде всего со стороны государства, обеспечит достижение поставленных целей как в «зеленом», так и инновационном направлениях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Корниенко С. В. Зеленое строительство – инновационный и социально значимый элемент повышения устойчивости среды // Здания высоких технологий. 2017. Т. 3. № 3. С. 60–80.
2. Абашкин В. Л., Абдрахманова Г. И., Бредихин С. В., Варзановцева И. О., Власова В. В., Гершман М. А. [и др.]. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Вып. 7 / под ред. Л. М. Гохберга; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2021. 274 с.
3. Бурдули В. Императивы и направления развития «зеленой» экономики, и ее взаимосвязь с инновационной экономикой // Materials of Conference: Current problems of formation of green economy (Tbilisi, 21-22 June 2019). Tbilisi: Paata Gugushvili Institute of Economics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, 2019. p. 44-57.
4. Хандажапова Л. М., Лубсанова Н. Б. Экологические инновации и развитие «зеленой экономики» в регионах России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 2. С. 131–138.
5. Fischer-Kowalski M, Swilling M, von Weizsäcker EU, Ren Y, Moriguchi Y, Crane W, et al. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. URL: http://unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf (05.10.2021).
6. Митяков С. Н., Митякова О. И., Митяков Е. С., Аленкова И. В. Инновационное развитие регионов России: экологические инновации // Инновации. 2018. № 3 (233). С. 72–78.
7. Махарадзе Д. В. Российский и зарубежный опыт в применении экологических инноваций в строительстве // Молодой ученый. 2020. № 15 (305). С. 159–162.
8. Иванова К. А., Журенкова А. С. «Зеленые» стандарты в строительстве // Молодой ученый. 2016. № 9.1 (113.1). С. 31–34.
9. Филипенко В. М., Абакумов Р. Г. Развитие современного «зеленого» строительства в России // Инновационная наука. 2017. Т. 1. № 4. С. 207–210.
10. Мурзин А. Д., Филиппова А. В., Швыденко Н. В. Анализ зарубежного и российского опыта экологического строительства // Современное научное знание, идеи и концепции: сб. научных трудов по мат-лам I Междунар. науч.-практ. форума молодых ученых (Екатеринбург, 10 мая 2017 года). Екатеринбург: Профессиональная наука, 2017. № 3. С. 217–242.
11. Кожевников С. А., Лебедева М. А. Проблемы перехода к зеленой экономике в регионе (на материалах Европейского Севера России) // Проблемы развития территории. 2019. № 4 (102). С. 72–88. https://doi.org/10.15838/ptd.2019.4.102.4.
12. Шувалова М. Экодевелопмент: почему зеленое строительство в России все еще не стало массовым? [Электронный ресурс] // Гарант.ру. URL: https://www.garant.ru/article/1291287/ (30.09.2021).
13. Самарина В. П. Оценка влияния хозяйственной деятельности на степень загрязнения поверхностных водотоков Курско-Белгородской магнитной аномалии (на примере р. Оскол) // Водные ресурсы. 2007. Т. 34. № 5. С. 582–586.
14. Акулов А. О. Эффект декаплинга в индустриальном регионе (на примере Кемеровской области) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 4. С. 177–185.
15. Терешина М. В., Асалиев А. М. Проявление эффекта декаплинга в развитии территориальных систем природопользования (на примере Краснодарского края) // Современная экономика: проблемы и решения. 2013. № 12. С. 63–73.
16. Amiri A., Emami N., Ottelin J., Sorvari J., Marteinsson B., Heinonen J. Embodied emissions of buildings - A forgotten factor in green building certificates // Energy and Buildings. 2021. Vol. 241. p. 110962. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110962.
17. Mattoni B., Bisegna F., Evangelisti l., Guattari C., Gori P., Asdrubali F. Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 82 (1). p. 950-960. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.105.
18. Champagne C., Aktas C. B. Assessing the Resilience of LEED Certified Green Buildings // Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. p. 380-387. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.095.
19. Kamsu-Foguem B., Abanda H., Doumbouya M. B., Tchouanguem F. Graph-based ontology reasoning for formal verification of BREEAM rules // Cognitive Systems Research. 2019. Vol. 55. p. 14-33. https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.12.011.
20. Liu Ch., Wang F., Mackillop F. A critical dis-

cussion of the BREEAM Communities method as applied to Chinese eco-village assessment // Sustainable Cities and Society. 2020. Vol. 59. p. 102172. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102172.
21. Корнеева Ю. В. Зеленые технологии – новые возможности для развития регионов // Российские регионы в фокусе перемен: сб. докладов XI Междунар. конф. (Екатеринбург, 17–19 ноября 2016 года). Екатеринбург: ООО УМЦ УПИ, 2016. С. 691–700.
22. Аникина И. Д., Аникин А. А. Анализ методов и инструментов поддержки экологических проектов: лучшие практики и оценка эффективности [Электронный ресурс] // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2020. № 3 (63). С. 19. URL: https://eee-region.ru/article/6319/ (05.10.2021).

REFERENCES

1. Kornienko SV. Green construction – an innovative and socially significant element of increasing environmental sustainability. *Zdaniya vysokikh tekhnologii = Sustainable building technologies*. 2017;3(3):60-80. (In Russ.).
2. Abashkin VL, Abdrakhmanova GI, Bredikhin SV, Varzanovtseva IO, Vlasova VV, Gershman MA, et al. Rating of innovative development of the subjects of the Russian Federation. Iss. 7. Moscow: HSE; 2021. 274 p. (In Russ.).
3. Burduli V. Imperatives and directions of development of "green" economy and its interaction with innovative economy. *Materials of Conference: Current problems of formation of green economy* (Tbilisi, 21-22 June 2019). Tbilisi: Paata Gugushvili Institute of Economics of Ivane Javakhishvili Tbilisi State University; 2019. p. 44-57. (In Russ.).
4. Khandazhapova LM, Lubsanova NB. Environmental innovation and the green economy's development in Russian regions. *Nacional'nye interesy: prioritety i bezopasnost' = National interests: priorities and security*. 2016;2: 131-138. (In Russ.).
5. Fischer-Kowalski M, Swilling M, von Weizsäcker EU, Ren Y, Moriguchi Y, Crane W, et al. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth, A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Available from: http://unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Re port_English.pdf [Accessed 05th October 2021].
6. Mityakov SN, Mityakova OI, Mityakov ES, Alenkova IV. Innovative development of the regions of Russia: environmental innovations. *Innovacii* = Innovation. 2018;3(233):72-78. (In Russ.).
7. Makharadze DV. Russian and foreign experience in the application of environmental innovations in construction. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*. 2020;15(305):159-162. (In Russ.).
8. Ivanova KA, Zhurenkova AS. "Green" standards in construction. *Molodoi uchenyi = Young Scientist.* 2016;9.1(113.1):31-34. (In Russ.).
9. Filipenko VM, Abakumov RG. The development of modern "green" construction in Russia. *Innovacionnaya nauka*. 2017;1(4):207-210. (In Russ.).
10. Murzin AD, Filippova AV, Shvydenko NV. Analysis of foreign and Russian experience of ecological construction. *Sovremennoe nauchnoe znanie, idei i koncepcii: cb. nauchnykh trudov po mat-lam I Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma molodykh uchenykh* (Yekaterinburg, 10th May 2017). Yekaterinburg: Professional'naya nauka, 2017. No. 3. p. 217-222. (In Russ.).
11. Kozhevnikov SA, Lebedeva MA. Problems of transition to green economy in the region (based on materials of the European North of Russia). *Problemy razvitiya territorii = Problems of Territory's Development*. 2019;4(102):72-88. (In Russ.). https://doi.org/10.15838/ptd.2019.4.102.4.
12. Shuvalova M. Ecodevelopment: why has green construction not yet become widespread in Russia? Available from: https://www.garant.ru/article/1291287/ [Accessed 30 September 2021].
13. Samarina VP. Assessment of the impact of economic activity on the degree of overland flow contamination in the zone of the Kursk-Belgorod magnetic anomaly: case study of the Oskol river. *Vodnye resursy = Water resources*. 2007;34(5):582-586. (In Russ.).
14. Akulov AO. Decoupling effect in the industrial region (the case of the Kemerovo oblast). *Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz = Economic and social changes: facts, trends, forecast.* 2013;4: 177-185. (In Russ.).
15. Tereshina MV, Asaliev AM. Decoupling effect in the development of territorial systems of environmental management (by the example of Krasnodar region). *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya = Modern economics:*

problems and solutions. 2013;12:63-73. (In Russ.).
16. Amiri A, Emami N, Ottelin J, Sorvari J, Marteinsson B, Heinonen J. Embodied emissions of buildings - A forgotten factor in green building certificates. *Energy and Buildings*. 2021;241:110962. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110962.
17. Mattoni B, Bisegna F, Evangelisti l, Guattari C, Gori P, Asdrubali F. Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018;82(1):950-960. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.105.
18. Champagne C, Aktas CB. Assessing the Resilience of LEED Certified Green Buildings. *Procedia Engineering*. 2016;145:380-387. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.095.
19. Kamsu-Foguem B, Abanda H, Doumbouya MB, Tchouanguem F. Graph-based ontology reasoning for formal verification of BREEAM rules. *Cognitive Systems Research*. 2019;55:14-33. https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.12.011.
20. Liu Ch, Wang F, Mackillop F. A critical discussion of the BREEAM Communities method as applied to Chinese eco-village assessment. *Sustainable Cities and Society*. 2020;59:102172. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102172.
21. Korneeva YuV. Green technology - new opportunities for development of the region. *Rossiiskie regiony v fokuse peremen: cb. dokladov XI Mezhdunar. konf.* (Yekaterinburg, 17-19th November 2016). Yekaterinburg: UMC UPI LLC; 2016. p. 691-700. (In Russ.).
22. Anikina ID, Anikin AA. Analysis of methods and tools for supporting environmental projects: best practices and performance evaluation. *Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyi nauchnyi zhurnal = Regional economics and management: electronic scientific journal.* 2020;3(63):19. Available from: https://eee-region.ru/article/6319/ [Accessed 05th October 2021].

Информация об авторах

О. Н. Киселева,
доктор экономических наук,
профессор кафедры экономической безопасности и управления инновациями,
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.,
410008, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, Россия,
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2741-2753

Е. А. Сухинина,
кандидат архитектуры, доцент кафедры архитектуры,
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.,
410008, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, Россия,
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-1593-6357

Information about the authors

Oksana N. Kiseleva,
Dr. Sci. (Econ.), Professor
of the Department of Economic Security and Innovation Management,
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
77, Politechnicheskaya St., Saratov, 410008, Russia,
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2741-2753

Elena A. Sukhinina,
Cand. of Architecture, Associate Professor
of the Department of Architecture,
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,
77, Politechnicheskaya St., Saratov, 410008, Russia,
ORCID: http://orcid.org/0000-0003-1593-6357

Вклад авторов

Киселева О. Н. и Сухинина Е. А. имеют равные авторские права. Киселева О. Н. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Kiseleva O. N., Sukhinina E. A. have equal author's rights. Kiseleva O. N. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 07.10.2021.
Одобрена после рецензирования 28.10.2021.
Принята к публикации 02.11.2021.

The article was submitted 07.10.2021.
Approved after reviewing 28.10.2021.
Accepted for publication 02.11.2021.

Научная статья
УДК 711.01.09
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-730-739

Мониторинг трансформации архитектурно-градостроительной организации и панорамного восприятия исторической части г. Иркутска

© Евгения Владимировна Пуляевская
Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия, pulya.arch@bk.ru

Аннотация. Цель – изучение динамики архитектурно-градостроительной организации городской среды для выявления и сохранения наиболее значимых точек визуального восприятия градостроительных ансамблей и панорамных видов г. Иркутска. В качестве основных методов исследования использовались методы визуально-ландшафтного анализа и картографического анализа по определенным показателям. Материалы статьи отражают стадию предпроектных исследований, посвященных сбору исходной информации для выполнения курсового проекта на тему «Реконструкция квартала исторической части города». Работа проводились студентами четвертого курса, обучающимися по направлению «Градостроительство», в два этапа, на разных градостроительных уровнях. 1 этап – анализ видов и панорам восприятия городской среды на уровне города. 2 этап – анализ сложившейся застройки на уровне квартала. Ретроспективный анализ городской среды представлен в виде графических моделей, отражающих современное состояние восприятия и утраченные фрагменты градостроительных ансамблей центральной части г. Иркутска. Проведенный визуально-ландшафтный анализ исторических и современных панорам города выявил диссонансы и конфликты в восприятии основных градостроительных ансамблей. Результат ритмометрического анализа фронта застройки квартала представлен в виде модели ограничения высотности застройки внутриквартального пространства, которая создавалась с целью снятия конфликтов в условиях реконструкции территории и развития городской ткани с учетом ценного градостроительного наследия. Материалы работы актуальны при исследовании градостроительного развития территорий с историко-культурным потенциалом и могут быть использованы при градостроительном регулировании исторических городов и территорий исторической застройки.

Ключевые слова: градостроительство, визуально-ландшафтный анализ, сохранение объектов культурного наследия, методика высшей архитектурной школы, культурные ландшафты, устойчивое развитие территорий, градостроительное регулирование

Для цитирования: Пуляевская Е. В. Мониторинг трансформации архитектурно-градостроительной организации и панорамного восприятия исторической части г. Иркутска // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 730–739. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-730-739.

Original article

Monitoring the transformation of architectural and urban planning and panoramic visual acceptability of the historical part of Irkutsk

Evgeniia V. Pulyaevskaia
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, pulya.arch@bk.ru

Abstract. The present work discusses dynamics in the architectural and urban planning of the urban environment for identifying and preserving the most significant visually acceptable architectural ensembles and panoramic views of Irkutsk. Visual landscape and cartographic analysis by specific indicators were used as the main research methods. The article reflects the predevelopment analysis devoted to collecting initial information for the student's project entitled "Reconstruction of the quarter in the historical part of the city". The work was performed by fourth-year students studying "Urban planning" in two stages at different urban planning levels. Stage 1 included the analysis of visually acceptable views and

panoramas of the urban environment at the city level. In stage 2, the existing development at the quarter level was carried out. A retrospective analysis of the urban environment is represented in the form of graphic models reflecting the current state of visual acceptance and the lost fragments of architectural ensembles in the centre of Irkutsk. The conducted visual landscape analysis of historical and contemporary panoramas of the city revealed dissonances and conflicts in the visual acceptance of the main urban ensembles. The results of the rhythmometric analysis obtained for the development front in the quarter are represented as a model limiting the building height within the quarter. Such a model was developed to eliminate conflicts during reconstruction and establish urban patterns, including valuable urban planning heritage. The obtained results are relevant for studying the urban development of territories with historical and cultural potential and can be used in urban planning regulation of historical cities and areas with historical development.

Keywords: urban planning, landscape-visual analysis, preservation of cultural heritage objects, methodology of the higher architectural school, cultural landscapes, sustainable city

For citation: Pulyaevskaia E. V. Monitoring the transformation of architectural and urban planning and panoramic visual acceptability of the historical part of Irkutsk. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):730-739. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-730-739.

Введение

Качество городской среды, кроме удобства, комфорта, безопасности и других показателей в области планирования и регулирования территорий, зависит от морфологии застройки, визуального восприятия градостроительных ансамблей, панорам, связности городских объектов, основанной на их пространственной соразмерности и сообразности. В современной зарубежной практике при развитии городов и урбанизированных территорий все чаще обращаются к теме преемственного развития, сохранения и использования историко-культурного потенциала территории для ее устойчивого развития и образования, используя конкурентное преимущество для привлечения туристов и сохранения психологического равновесия и здоровья городского сообщества [1–4]. При этом при разработке генеральных планов особое внимание уделяется защите памятников и ландшафтно-градостроительных комплексов [5–7]. Одним из инструментов, используемых в рамках этой защиты, является метод визуального анализа ландшафта (VLA), который обеспечивает сохранение ландшафта в городских районах или в ближайшем окружении и в приоритетном порядке определяет охраняемые территории ландшафта [8–11]. Наряду с этим, отечественные исследователи в сложившихся новых социально-экономических условиях отмечают на протяжении уже нескольких десятилетий в России кризис современного градостроительства, проявляющийся в нарастающей деградации городской среды, причиной которой послужило отсутствие внимания к визуальному восприятию и связности между градостроительными объектами и элементами городской среды, упорядоченности и иерархичности пространства [12]. В связи с этим подчеркивают актуальность проведения ландшафтно-визуального анализа территорий, изучения данной методики с целью формирования единого ландшафтно-визуального комплекса [13–15].

Выделяя опорную историческую застройку, характер и состояние планировочной организации, сложившуюся структуру плана и градостроительной композиции, размещение основных доминант, определяющих систему функциональных и композиционных связей, в контексте данного исследования предлагается рассматривать как ресурсный потенциал территории.

Методы

Материалы статьи отражают результат исследовательской работы, которая проводилась на кафедре архитектуры и градостроительства ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» группой студентов четвертого курса направления «Градостроительство» в рамках подготовки исходных материалов к курсовому проектированию на тему «Реконструкция квартала в историческом центре города». Целью исследования было выявление исторических городских доминант и градостроительных ансамблей на уровне квартала, границ их визуального влияния, а также определение регламентов на территории с ценной исторической застройкой в условиях реконструкции и градостроительного развития.

Основным методом исследования было натурное изучение исторической части г. Иркутска, фотофиксация объектов городской среды с дальнейшим изучением литературных источников, архивных и картографических материалов. В исследовании использован отечественный и зарубежный опыт визуального анализа городской среды с целью выявления городских достопримечательностей и исторических видов ценной городской застройки [12–14, 16–22]. Организация исследования проходила в несколько этапов.

На первом этапе был проведен ретроспективный анализ развития планировочной организации территории и анализ морфологических особенностей ландшафта (рис. 1). Основной задачей было выявление местоположения основных исторических градостроительных доминант в структуре города, их ландшафтного местоположения, а также определение наиболее активных точек рельефа, с которых раскрывались городские панорамы и градостроительные ансамбли. Далее проводилась реконструкция местоположения точек обзора, на основе сохранившихся исторических панорам и анализа планографии и в том же ракурсе выполнялся современный панорамный снимок для дальнейшего анализа композиции и художественной выразительности городских ландшафтов. Результат сравнения исторических и современных видовых панорам представляется в виде графических схем-силуэтов, совмещенных в одном масштабе (рис. 2). На этом же уровне изучалось влияние градостроительных доминант на формирование целостного градостроительного комплекса, проводился мониторинг изменения бассейнов видимости сохранившихся градостроительных доминант. В работе была использована методика построений бассейнов видимости, примененная ЦНИП градостроительства в 1982 г. для разработки генерального плана г. Иркутска и его центральной части. Алгоритм выполнения данного исследования следующий: эксперт выходит на территорию с целью выявить местоположение точек видимости градостроительного ансамбля в городской среде. Объектом исследования становится градостроительная доминанта (храм или церковь), выявленная в ходе первого этапа исследования. Далее, передвигаясь по улице, необходимо осуществлять фотофиксацию всех видов с одновременной их привязкой к ситуационному плану (в современных условиях можно совместить съемку с навигационной системой). На итоговую карту-схему (масштаб 1: 1000 или 1:2000) переносятся все точки визуальных раскрытий и панорам, а соединяющая их линия формирует полигон (далее – бассейн видимости), в границах которого визуализируется исследуемый градостроительный объект (рис. 3). Из бассейна видимости исключаются территории, с которых данный объект не виден (так называемые «слепые зоны»).

На втором этапе исследование переходит на планировочный уровень квартала. В ходе анализа и сбора материала проводилась фотофиксация улиц, прилегающих к исследуемому кварталу. Формировалась графическая модель с привязкой к карте-схеме в масштабе 1:500. Проводился метроритмический анализ фронта застройки с обозначением ценных опорных и диссонирующих объектов. Данные дополнялись построением силуэта и выявлением плановости восприятия объектов (рис. 4.). Для определения регламентов высотности застройки внутри квартала выстраивалась графическая модель (в масштабе 1:200) профиля улицы.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного картографического и визуально-ландшафтного анализа исторической части г. Иркутска были выявлены сохранившиеся и утраченные градостроительные доминанты города, формирующие иерархичную систему визуальных связей, которые на уровне города формировались соборными, храмовыми и церковными комплексами. Система градостроительных доминант представлена объектами культового назначения (православные храмы), она формировала единый градостроительный ансамбль и являлась системой пространственных ориентиров в планировочной структуре города. Ландшафтное местоположение градостроительных доминант – надпойменная терраса и граница Иерусалимской горы на переломе рельефа. Система градостроительных доминант активно участвовала в формировании панорамы правого берега реки Ангары.

В градостроительной решетке квартального типа система доминант увязана с основными направлениями движения, фиксируя узлы общественных пространств на пересечении торговых связей. Потребитель городской среды всегда находился в условиях понятной визуальной коммуникации и психологически устойчивой городской среды.

a *b*

Рис. 1. Визуально-ландшафтный анализ на уровне города:
a – анализ развития планировочной структуры центральной части г. Иркутска;
b – выявление градостроительных доминант и исторических панорамных видов, ландшафтное местоположение градостроительных доминат (фрагмент отчета А. И. Нероновой, Грб-16-1, руководитель Е. В. Пуляевская)
Fig. 1. City-level visual landscape analysis:
a - analysis of the development of the planning structure of the central part of Irkutsk;
b - identification of town-planning dominants and historical panoramic views, landscape location of town-planning dominates (fragment of the report by A. I. Neronova, Grb-16-1, head E. V. Pulyaevskaya)

Рис. 2. Реконструкция местоположения видовых точек. Трансформация видовых панорам (фрагмент отчета Н. С. Авласевич, Грб-16-1, руководитель Е. В. Пуляевская)
Fig. 2. Reconstruction of the location of viewpoints. Transformation of panoramic views (fragment of the report by N. S. Avlasevich, Grb-16-1, head E. V. Pulyaevskaya)

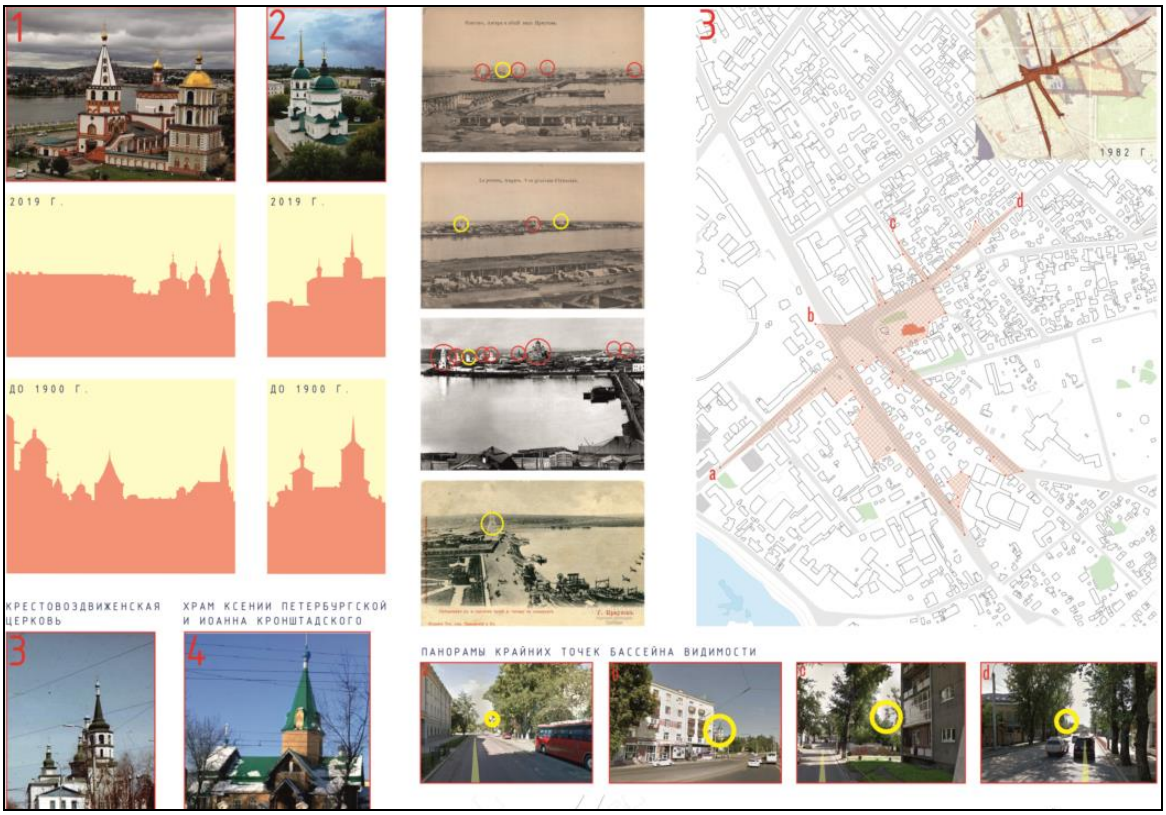


Рис. 3. Метод определения бассейнов видимости.
Церковь Воздвижения Честного и Животворящего Креста Господня в г. Иркутске, ул. Седова, 1
(фрагмент отчета Ю. Е. Семенова, Грб-16-1, руководитель Е. В. Пуляевская)
Fig. 3. The method for determining the pools of visibility. Church of the Exaltation of the Holy and Life-giving Cross of the Lord in Irkutsk, Sedova St., 1 (fragment of the report by Yu. E. Semenov, Grb-16-1, head E. V. Pulyaevskaya)

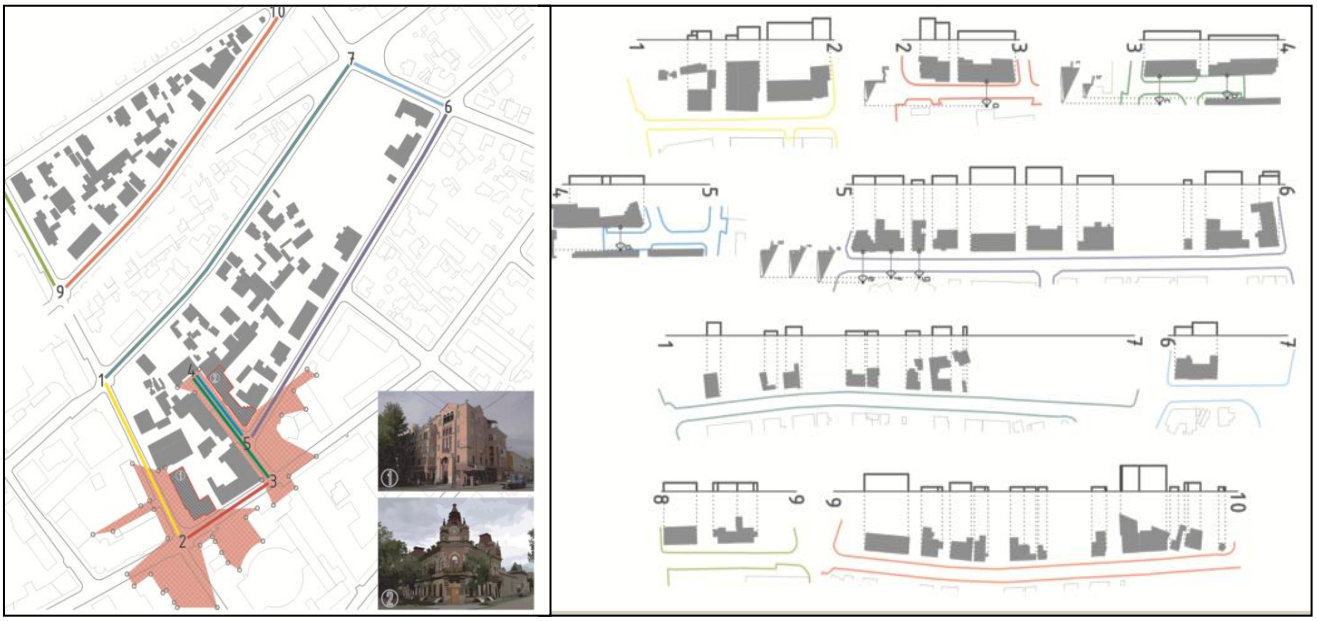


Рис. 4. Визуально-ландшафтный анализ улицы
(фрагмент отчета Ю. Е. Семенова, Грб-16-1, руководитель Е. В. Пуляевская)
Fig. 4. Street visual landscape analysis
(fragment of the report by Yu. E. Semenov, Grb-16-1, head E. V. Pulyaevskaya)

Сравнение исторических панорам и современных видов подтверждает деградацию городского пейзажа, отличающегося монотонностью, слабой архитектурно-художественной выразительностью. Утраченные элементы градостроительного ансамбля (рис. 5), исключенные из системы градостроительных доминант, заменены маловыразительными с архитектурно-художественной точки зрения градостроительными объектами, в связи с чем утрачена иерархичность и связность между другими элементами градостроительной системы. Бассейны видимости и зоны влияния градостроительных доминант с каждым годом сокращаются за счет активной градостроительной деятельности без учета формирования видовых панорам и пространственных ориентиров. Существующая система визуальных связей градостроительных ансамблей требует активной защиты с целью сохранения идентичности и комфортности городской среды. Для этого требуется строгий регламент высотности в границах сохранившихся бассейнов видимости, санация и реновация городской среды с учетом существующих визуально-ландшафтных связей.

Рис. 5. Утраченные градостроительные доминанты
(фрагмент отчета А. Е. Рогозиной, Грб-16-1, руководитель Е. В. Пуляевская)
Fig. 5. Lost city-planning dominants
(fragment of the report by A. E. Rogozina, Grb-16-1, head E. V. Pulyaevskaya)

На втором этапе исследования были обследованы исторические кварталы, представленные деревянными, каменными строениями общественного и жилого назначения, являющиеся объектами культурного наследия разного уровня ценности. В условиях интенсивных процессов урбанизации и стремления бизнеса и торговли к центральной части города происходит активная трансформация функций и морфологии градостроительной ячейки, теряющей жилую функцию, а как следствие и постоянного жителя и потребителя городской среды. Нарушение периметра застройки квартала и активное включение общественно-деловых зон приводит к нарушению приватного жилого пространства и снижению качества городской среды. Появление новых градостроительных объектов входит в противоречие со сложившимся ритмом застройки, что требует профессионального вмешательства, формирования и упорядочивания объемно-пространственной организации территории, планировочной структуры, габаритов градостроительных объектов, а также разделения и поляризации кварталов по функциональному назначению с целью восстановления «закрытости» жилой ячейки, повышения доступности ячеек общественно-деловой зоны и улучшения коммуникации с ними.

Особое внимание необходимо уделить градостроительному развитию прибрежной

зоны, т.е. организации «фасада» застройки с «видами на реку», формированию силуэта и выразительной береговой панорамы, включая задачи видовой связности с противоположным берегом. Сохранившиеся градостроительные ансамбли деревянной и каменной застройки, датируемые концом XIX – началом XX вв., необходимо выделять в отдельные территориальные зоны с особым градостроительным регламентом, формируя ансамбли ценной исторической среды, лаконично увязывая их с элементами нового строительства, сохраняя при этом ритм и соразмерность элементов градостроительных объектов.

Выявленные диссонирующие объекты в зависимости от их местоположения и технического состояния требуют реконструкции и модернизации с целью уменьшения или исключения градостроительных конфликтов «старой» и «новой» застройки (рис. 6).

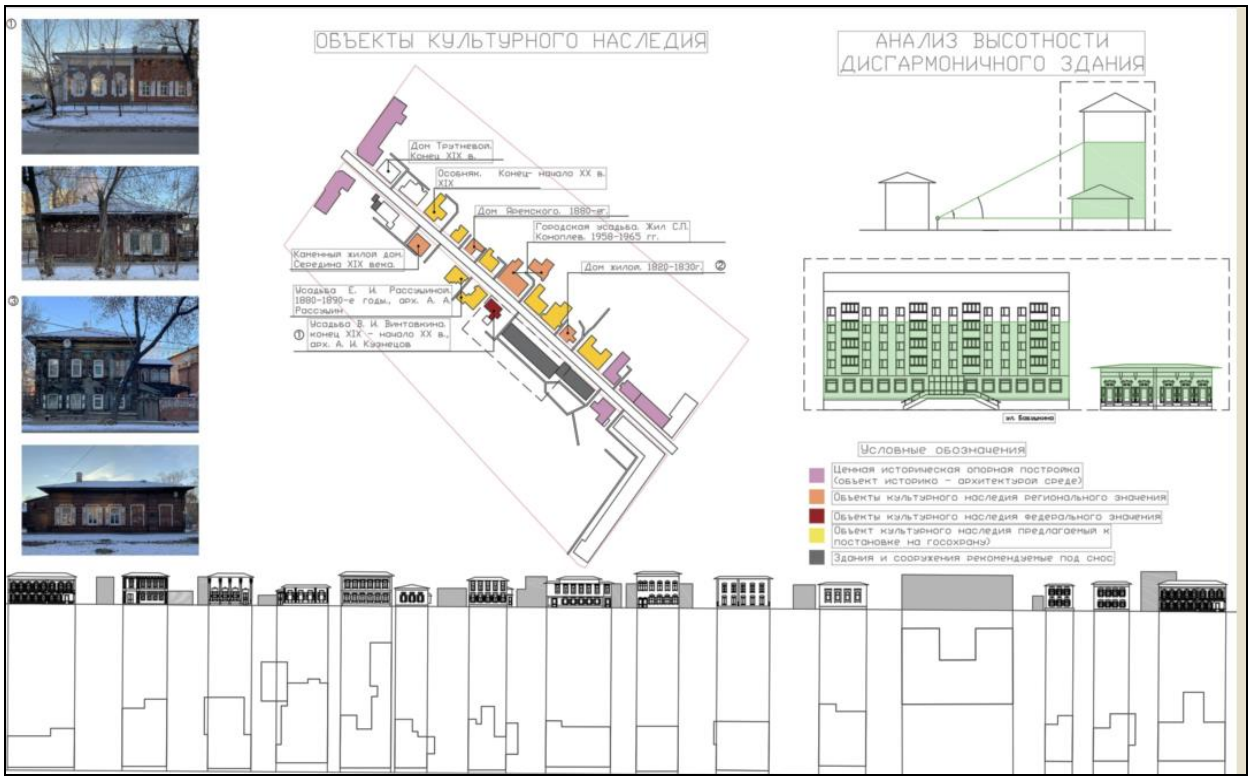


Рис. 6. Визуально-ландшафтный анализ по улице Бабушкина (бывшая Зверевская) (фрагмент отчета А. А. Черных, Грб-17-1, руководитель Е. В. Пуляевская)
Fig. 6. Visual landscape analysis along Babushkina street (former Zverevskaya) (fragment of the report by A. A. Chernykh, Grb-17-1, head E. V. Pulyaevskaya)

Заключение

В результате проведенного исследования показаны возможности визуально-ландшафтного анализа исторического города. Изучена методика использования данного анализа с целью сохранения исторических видов и культурных ландшафтов урбанизированной территории. Мониторинг коридоров видимости показал современное состояние видовых раскрытий на градостроительные ансамбли и исторические городские доминанты. Проведен визуальный анализ формирования градостроительных ансамблей исторических кварталов с выявлением ритма и высотности застройки, а также предложен метод регламентации высоты современной застройки при регенерации квартала и повышении плотности застройки в историческом центре города.

Материалы исследования апробированы на Всероссийской выставке «Компидея» в 2020 г., представлены на Всероссийской конференции «Градостроительство: теория, практика, образование», результаты используются в учебном процессе при выполнении курсового проектирования. Использование метода визуально-ландшафтного анализа в практике современного градостроительства позволит раскрыть особенности региональной градостроительной школы, сохранит преемственность в развитии исторического центра города, что повысит качество, социальную и психологическую устойчивость городской среды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Yanru H., Masoudi M., Chadala A., Olszewska-Guizzo A. Visual Quality Assessment of Urban Scenes with the Contemplative Landscape Model: Evidence from a Compact City Downtown Core // Remote Sensing. 2020. Vol. 12 (21). p. 3517. https://doi.org/10.3390/rs12213517.
2. Hernandez-Cardona F. X., Sospedra-Roca R., Iniguez-Gracia D. Educational Illustration of the Historical City, Education Citizenship, and Sustainable Heritage // Sustainability. 2021. Vol. 13 (10). p. 5706. https://doi.org/10.3390/su13105706.
3. Yifei Wang. Survey on the Structure of city Wall Comprehensive Landscape System Based on the Principle of «Authenticity» and «Integrity» - Take the Xi'an City Wall as an Example // Proceedings of the 2015 3rd International Conference on Education, Management, Arts, Economics and Social Science (ICEMAESS 2015). Paris: Atlantis Press, 2016. p. 205-210. https://doi.org/10.2991/icemaess-15.2016.46.
4. Vaz de Freitas I., Sousa C., Ramazanova M., Albuquerque H. Feeling a historic city: Porto landscape through the eyes of residents and visitors // International Journal of Tourism Cities. 2021. https://doi.org/10.1108/IJTC-05-2021-0086.
5. Uzun O., Muderrisoglu H. Visual landscape quality in landscape planning: Examples of Kars and Ardahan cities in Turkey // African Journal of Agricultural Research. 2011. № 6 (6). p. 1627-1638. https://doi.org/10.5897/AJAR10.657.
6. Rodriguez Romero J., Tejada Granados C. S. de, Santo-Tomas Muro R. Perceptive approaches to the morphological characterization of the urban contour: The case of the peri-urban landscape of Madrid // City and territory in the Globalization Age Conference proceedings: 24th ISUF International Conference (Valencia, 27th-29th September 2017). Valencia: Univ Politecnica Valencia, 2018. p. 1349-1358. https://doi.org/10.4995/ISUF2017.2017.5345.
7. Parrinello S., Bertocci S., Pancani G. (eds.). Between East and West: Transposition of cultural systems and military technology of fortified landscapes: international conference (Italy, 7–13 May). Ospedaletto: Pacini Editore Industrie Grafiche, 2012. 33 p.
8. Tsouchlaraki A., Achilleos G. Visual elements inventory in urban landscapes: collecting data for a visual environmental G.I.S. // Management Information Systems 2004: Incorporating GIS and Remote Sensing. Southampton: Wit Press, 2004. p. 275-286. https://doi.org/10.2495/MIS040271.
9. Liu Song, Zhang Shuwen. Visibility Analysis of the Oriental Pearl Based on Digital Landscape Simulation View from East Daming Road of Shanghai // International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (25th International CIPA Symposium 2015, 31 August – 04 September 2015, Taipei, Taiwan). 2015. Vol. 40. Iss. 5/W7. p. 299-303.
10. Rubinowicz P., Czynska K. Study of City Landscape Heritage Using Lidar Data and 3d-City Models // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (36th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11–15 May 2015, Berlin, Germany). 2015. Vol. XL-7/W3. p. 1395-1402. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-1395-2015.
11. Rubinowicz P. Protection of the waterfront panoramas based on computational 3D-analysis // Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution - Proceedings of the 37th eCAADe and 23rd SIGraDi Conference (Porto, Portugal, 11-13 September 2019). Vol. 2. Porto: University of Porto, 2019. p. 325-332.
12. Кузнецова А. Е., Бушмакова Ю. В. Исследование ландшафтов прибрежных территорий города Усолье // Вестник Пермского Национального Исследовательского Политехнического Университета. Прикладная Экология. Урбанистика. 2017. № 1 (25). С. 69–79.
13. Сосновский В. А., Русакова Н. С. Прикладные методы градостроительных исследований. М.: Архитектура-С, 2006. 112 с.
14. Линч К. Образ города / пер. с англ. М.: Стройиздат, 1982.
15. Глазычев В. Л. Поэтика городской среды // Эстетическая выразительность города. М.: Наука, 1986. С. 130–157.
16. Мерлен П. Город. Количественные методы изучения. М.: Прогресс, 1977. 261 с.
17. Короев Ю.И. Методика визуального анализа городской среды // Архитектурная наука в МАрхИ. М., 1997. С. 28–30.
18. Ельчанинов А. П. Методика ландшафтно-визуального анализа в практике современного градостроительства // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2014. № 4-1 (17). С. 83–86.
19. Otahel' J., Ira V., Hlavatá Z., Pazúr R. Visibility and perception analysis of city monuments: The case of Bratislava city centre (Slovakia) // Moravian Geographical Reports. 2018. Vol. 26 (1). p. 55-68. https://doi.org/10.2478/mgr-

2018-0005.
20. Orzechowska-Szajda I. D. Classification Model of Urban Riverside Landscape Using the Oder River as an Example // Polish Journal of Environmental Studies. 2019. Vol. 29. № 1. p. 205-215. https://doi.org/10.15244/pjoes/102799.
21. Mohseni F., Lotfi S., Sholeh M. Proposing an adapted visibility analysis methodology for the building height codes of the Shiraz development plan // Sustainable Cities and Society. 2020. Vol. 61. p. 102347. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102347.
22. Celik D., Aciksoz S. Visual Landscape Analysis in Planning Process: The Case of Amasra // Oxidation Communications. 2016. Vol. 39. № 4-II. p. 3562-3578.

REFERENCES

1. Yanru H, Masoudi M, Chadala A, Olszewska-Guizzo A. Visual Quality Assessment of Urban Scenes with the Contemplative Landscape Model: Evidence from a Compact City Downtown Core. *Remote Sensing*. 2020;12(21):3517. https://doi.org/10.3390/rs12213517.
2. Hernandez-Cardona FX, Sospedra-Roca R, Iniguez-Gracia D. Educational Illustration of the Historical City, Education Citizenship, and Sustainable Heritage. *Sustainability*. 2021;13(10):5706. https://doi.org/10.3390/su13105706.
3. Yifei Wang. Survey on the Structure of city Wall Comprehensive Landscape System Based on the Principle of «Authenticity» and «Integrity» - Take the Xi'an City Wall as an Example // Proceedings of the 2015 3rd International Conference on Education, Management, Arts, Economics and Social Science (ICEMAESS 2015). Paris: Atlantis Press, 2016. p. 205-210. https://doi.org/10.2991/icemaess-15.2016.46.
4. Vaz de Freitas I, Sousa C, Ramazanova M, Albuquerque H. Feeling a historic city: Porto landscape through the eyes of residents and visitors. *International Journal of Tourism Cities*. 2021. https://doi.org/10.1108/IJTC-05-2021-0086.
5. Uzun O, Muderrisoglu H. Visual landscape quality in landscape planning: Examples of Kars and Ardahan cities in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*. 2011;6(6):1627-1638. https://doi.org/10.5897/AJAR10.657.
6. Rodriguez Romero J, Tejada Granados CS de, Santo-Tomas Muro R. Perceptive approaches to the morphological characterization of the urban contour: The case of the peri-urban landscape of Madrid. *City and territory in the Globalization Age Conference proceedings: 24th ISUF International Conference* (Valencia, 27th-29th September 2017). Valencia: Univ Politecnica Valencia; 2018. p. 1349-1358. https://doi.org/10.4995/ISUF2017.2017.5345.
7. Parrinello S, Bertocci S, Pancani G (eds.). Between East and West: Transposition of cultural systems and military technology of fortified landscapes: international conference (Italy, 7–13 May). Ospedaletto: Pacini Editore Industrie Grafiche; 2012. 33 p.
8. Tsouchlaraki A, Achilleos G. Visual elements inventory in urban landscapes: collecting data for a visual environmental G.I.S. *Management Information Systems 2004: Incorporating GIS and Remote Sensing*. Southampton: Wit Press; 2004. p. 275-286. https://doi.org/10.2495/MIS040271.
9. Liu Song, Zhang Shuwen. Visibility Analysis of the Oriental Pearl Based on Digital Landscape Simulation View from East Daming Road of Shanghai. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (25th International CIPA Symposium 2015, 31 August - 04 September 2015, Taipei, Taiwan). 2015. Vol. 40. Iss. 5/W7. p. 299-303.
10. Rubinowicz P, Czynska K. Study of City Landscape Heritage Using Lidar Data and 3d-City Models. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (36th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11-15 May 2015, Berlin, Germany). 2015. Vol. XL-7/W3. p. 1395-1402. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-1395-2015.
11. Rubinowicz P. Protection of the waterfront panoramas based on computational 3D-analysis // *Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution: Proceedings of the 37th eCAADe and 23rd SIGraDi Conference* (Porto, Portugal, 11-13 September 2019). Vol. 2. Porto: University of Porto; 2019. p. 325-332.
12. Kuznetsova AE, Bushmakova YuV. Survey ofriversides landscapes in the city of usolye. *Vestnik Permskogo Natsional'nogo Issledovatel'skogo Politekhnicheskogo Universiteta. Prikladnaya Ekologiya. Urbanistika = PNRPU Bulletin, Applied ecology. Urban development*. 2017;1(25):69-79. (In Russ.). https://doi.org/10.15593/2409-5125/2017.01.06.
13. Sosnovskii VA, Rusakova NS. Applied methods of urban planning research. Moscow: Arkhitektura-S; 2006. 112 p. (In Russ.).
14. Lynch K. The Image of the City. Moscow: Stroiizdat; 1982. (In Russ.).

15. Glazychev VL. The poetics of the urban environment. *Esteticheskaya vyrazitel'nost' goroda*. Moscow: Nauka; 1986. p. 130-157. (In Russ.).
16. Merlin P. Méthodes quantitatives et espace urbain. Moscow: Progress; 1977. 261 p. (In Russ.).
17. Koroev YuI. Methods for visual analysis of the urban environment. *Arkhitekturnaya nauka v MArkhI*. Moscow, 1997. p. 28-30.
18. El'chaninov AP. Methods for landscape and visual analyses in practice of modern urban construction. *Nauchnyi zhurnal. Inzhenernye sistemy i sooruzheniya*. 2014;4-1(17);83-86. (In Russ.).
19. Otahel' J, Ira V, Hlavatá Z, Pazúr R. Visibility and perception analysis of city monuments: The case of Bratislava city centre (Slovakia). *Moravian Geographical Reports*. 2018;26(1):55-68. https://doi.org/10.2478/mgr-2018-0005.
20. Orzechowska-Szajda ID. Classification Model of Urban Riverside Landscape Using the Oder River as an Example. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2019;29(1):205-215. https://doi.org/10.15244/pjoes/102799.
21. Mohseni F, Lotfi S, Sholeh M. Proposing an adapted visibility analysis methodology for the building height codes of the Shiraz development plan. *Sustainable Cities and Society*. 2020;61:102347. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102347.
22. Celik D, Aciksoz S. Visual Landscape Analysis in Planning Process: The Case of Amasra. *Oxidation Communications*. 2016;39(4-II):3562-3578.

Информация об авторе

Е. В. Пуляевская,
кандидат архитектуры, доцент,
заведующий кафедрой архитектуры
и градостроительства,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7153-2301

Information about the author

Evgeniia V. Puliaevskaia,
Cand. of Architecture, Associate Professor,
Head of the Department of Architecture
and Urban Planning,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7153-2301

Вклад автора

Пуляевская Е. В. подготовила рукопись к печати и несет ответственность за плагиат.

Contribution of the author

Pulyaevskaia E. V. prepared the manuscript for publication and bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 02.11.2021.
Одобрена после рецензирования 30.11.2021.
Принята к публикации 01.12.2021.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

The article was submitted 02.11.2021.
Approved after reviewing 30.11.2021.
Accepted for publication 01.12.2021.

Научная статья
УДК 72.025.4; 378.1
http://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-740-751

Производственная практика как опыт формирования профессиональных компетенций обучающихся

Павел Евгеньевич Пуляевский[1], Марина Геннадьевна Захарчук[2]✉
[1,2]Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
[1]ppulyaevskiy@bk.ru
[2]mgzah@yandex.ru✉

Аннотация. Статья посвящена проблеме формирования профессиональных компетенций у студентов направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» в течение производственной практики на базе проектной реставрационной мастерской. Проблемы реконструкции и реставрации объектов каменного и деревянного зодчества весьма актуальны в настоящее время, а специалисты данного направления – востребованы на рынке труда. Иркутск – исторический город, где сохранились здания, являющиеся памятниками архитектуры, но средовая застройка, характерная для столицы Восточной Сибири, находится на грани исчезновения, поэтому все больше возрастает необходимость сохранения объектов культурного наследия. В статье рассматриваются понятия компетенции и компетентностного подхода, их роль в обучении и реализация данного подхода. Отмечено, что основой для разработки федеральных государственных образовательных стандартов является введение компетентностного подхода при оценке качества результатов образования. Рассмотрена производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности – практика, которая способствует формированию профессиональных компетенций будущих выпускников направления «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия». Проводится анализ этапов производственной практики и проекта реставрации, а также описываются методика и применение реставрационных норм при осуществлении мероприятий по сохранению объекта культурного наследия, раскрывается культурно-исторический контекст историко-библиографических исследований и рассматриваются методы реставрации, необходимые для воссоздания первоначального облика памятника архитектуры. Особое внимание уделяется результатам получения опыта профессиональной деятельности.

Ключевые слова: реставрация, объект культурного наследия, производственная практика, профессиональные компетенции

Для цитирования: Пуляевский П. Е., Захарчук М. Г. Производственная практика как опыт формирования профессиональных компетенций обучающихся // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 740–751. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-740-751.

Original article

Internship as a practice of developing professional competencies of students

Pavel E. Pulyaevsky[1], Marina G. Zakharchuk[2]✉
[1,2]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
[1]ppulyaevskiy@bk.ru
[2]mgzah@yandex.ru✉

Abstract. The article is devoted to developing professional competencies among students studying 07.03.02 "Reconstruction and restoration of architectural heritage" during internships based at restoration workshops. Presently, the problems of reconstruction and restoration of stone and wooden architectural constructions are highly relevant, and specialists in this area are in demand in the labour market. Irkutsk is a historical city where monuments of architecture have survived. However, the historic buildings typical of the capital of Eastern Siberia are on the verge of extinction; therefore, it is necessary

to preserve cultural heritage objects. The article discusses the concepts of competence and "skills approach", their role in training and implementing this approach. It is noted that the RF state educational standards are developed based on introducing a "skills approach" in assessing the quality of education. The article considers the internship for obtaining professional skills and professional experience that contribute to the professional competencies of future graduates of the "Reconstruction and restoration of architectural heritage" department. We analysed the stages of the internship and restoration project and described the methodology and application of restoration standards for preserving a cultural heritage object. The cultural and historical context of historical and bibliographic research was revealed; restoration methods necessary for reconstructing the original appearance of an architectural monument are considered. Particular attention is paid to the professional experience obtained as a result of the internship.

Keywords: restoration, cultural heritage site, industrial practice, professional competence

For citation: Pulyaevsky P. E., Zakharchuk M. G. Internship as a practice of developing professional competencies of students. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):740-751. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-740-751.

Введение

Перед учреждениями высшего образования стоит задача подготовки выпускников, которые соответствовали бы требованиям эпохи глобализации, информатизации, экономики знаний [1]. Вуз призван не только вооружить будущего специалиста современными знаниями, но и обеспечить становление его профессиональной и личностной культуры, формирование профессионала в своем деле. В условиях внедрения федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) высшего образования [2] характеристики профессиональной деятельности будущих специалистов основываются на понятии компетенций, формирование которых становится целью обучения [3]. На основании ФГОС обучающийся по окончанию образовательного учреждения высшего образования должен уметь решать задачи, базирующиеся на общепрофессиональных и профессиональных компетенциях своего направления подготовки [1, 4]. Именно компетенции как качества, характеристики, параметры, способности выпускника «на выходе» в преобладающем большинстве отечественных концепций профессионального образования рассматриваются как новый способ определения целей подготовки обучающихся [5]. Задача каждого учебного заведения выпустить на рынок труда конкурентоспособного специалиста, уже имеющего опыт практической деятельности. Практика студентов является составной частью основной образовательной программы высшего образования, она организуется и проводится с целью приобретения и совершенствования практических навыков в выполнении обязанностей по должностному предназначению, углубления и закрепления полученных знаний. Таким образом, в результате прохождения производственной практики, обучающиеся приобретают практические навыки и умения, развивают профессиональные компетенции по выбранному направлению деятельности [6, 7]. Особенно важно, чтобы обучающиеся участвовали в решении производственных задач в сферах практической деятельности, где им предстоит работать после окончания университета.

Иркутск – один из городов России, где сохранились массивы средовой исторической застройки [8], многие здания которой отнесены к списку объектов культурного наследия. Памятники архитектуры являются общественной ценностью, в которой соединяются эстетическая, историческая, научная составляющие. Проблемы их сохранения – очевидны, а вопросы реконструкции и реставрации объектов каменного и деревянного зодчества весьма актуальны. Поэтому выпускники направления «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» востребованы на рынке труда, а «производственная практика в процессе обучения осуществляется на базе организаций, деятельность которых соответствует профессиональным компетенциям, осваиваемым в рамках ООП ВО»[1].

[1]СМК. Положение о порядке организации и проведения практики обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования – программы бакалавриата, программы специалитета и программы магистратуры в ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https:// www.istu.edu/ (11.08.2021).

Методы

Производственная практика – неотъемлемый элемент учебного процесса учреждения высшего образования: комплексный, многоэтапный процесс, организованный непосредственно на предприятии, соответствующем направлению обучения. Поэтому методологическая база данного исследования включает в себя исторические и логические научные методы, изучение научно-проектной документации, освоение научной литературы и нормативно-правовых актов РФ.

«К проведению работ по сохранению объекта культурного наследия, включенного в реестр, или выявленного объекта культурного наследия допускаются юридические лица и индивидуальные предприниматели, имеющие лицензию на осуществление деятельности по сохранению памятников истории и культуры народов Российской Федерации в соответствии с законодательством Российской Федерации о лицензировании отдельных видов деятельности»[2] [9].

Материал исследования собран в течение производственной практики на базе ООО Научно-исследовательской проектной реставрационной фирмы «Традиция» под руководством архитектора-реставратора Аллы Корнеевны Мироненко.

«Реставрация памятника или ансамбля – научно-исследовательские, изыскательские, проектные и производственные работы, проводимые в целях выявления и сохранности историко-культурной ценности объекта культурного наследия»[3] [9].

При этом «при разработке научно-проектной документации необходимо руководствоваться Федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, законами и иными нормативными актами субъектов Российской Федерации, муниципальными правовыми актами, принятыми в установленном порядке техническими регламентами, национальными и иными стандартами»[4] [9].

Производственная практика обеспечивает приобщение студентов к профессиональной деятельности в процессе обучения. Основная образовательная программа высшего образования, сформированная в соответствии с требованиями образовательного стандарта университета и разработанная на основе федерального государственного образовательного стандарта «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия», предусматривает проведение «производственной практики по получению опыта профессиональной деятельности», обеспечивая формирование следующих компетенций:

– ОПК-3 – способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, предоставлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;

– ПК-1 – способность проводить библиографические и архивные исследования, осуществлять натурные обследования, обмеры объектов проектирования;

– ПК-2 – способность анализировать исходную информацию и участвовать в разработке заданий на проектирование, определении предмета охраны объектов культурного наследия;

– ПК-3 – способность осуществлять прикладные научные исследования в процессе анализа исходной информации и результатов проектных работ;

– ПК-5 – готовность разрабатывать проекты реконструкции сложившейся городской застройки в соответствии с ее историко-культурной значимостью и согласно функциональным, пространственно-композиционным, объемно-планировочным, инженерно-технологическим, социально-экономическим и экологическим требованиям, охранным нормативам и законодательству на всех стадиях проектирования;

– ПК-7 – способность демонстрировать развитый художественный вкус, пространственное воображение, научное мышление, владение методами моделирования и гармонизации искусственной среды при разработке проектов;

ПК-13 – владение приемами выражения архитектурно-реставрационного замысла средствами ручной графики, компьютерной визуализации, макетирования;

ПК-15 – способность участвовать в обсуждении и защите принятых проектных решений

[2]Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации: федер. закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. от 27.12.2018) [Электронный ресурс] // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: https://base.garant.ru/77668279/ (12.09.2021).

[3]Там же.

[4]ГОСТ Р 55528-2013. Состав и содержание научно-проектной документации по сохранению объектов культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: http://docs.cntd.ru/document/1200104243 (15.09.2021).

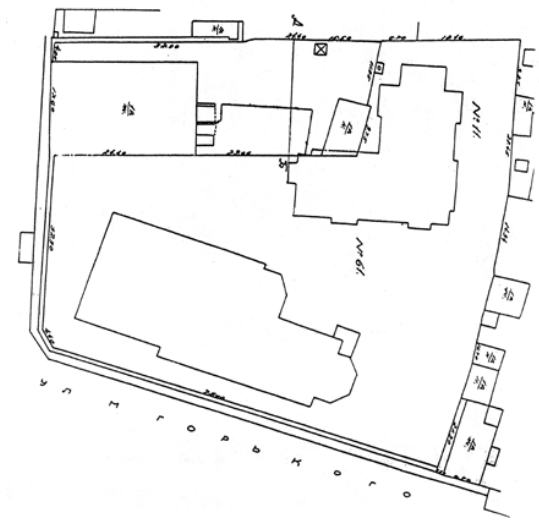
перед общественностью и заказчиком[5].

По результатам прохождения производственной практики обучающихся[6] направления «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» должны быть сформированы «обобщенные трудовые функции по документальному оформлению предпроектных данных для оказания экспертно-консультативных услуг и выдачи рекомендаций, касающихся архитектурных вопросов проектирования и реализации объекта капитального строительства; по разработке архитектурного раздела проектной документации объектов капитального строительства; по обеспечению разработки архитектурного проекта»[7].

Результаты и их обсуждение

В течение производственной практики объектом исследования практикантов от кафедры рисунка, живописи, основ проектирования и историко-архитектурного наследия ИРНИТУ стал объект культурного наследия регионального значения «Здание детского сада»[8], построенный в 1882 году, ранее располагавшийся в Иркутске по улице Амурской (улице Ленина) и в 1938 году перенесенный на территорию Харлампиевской церкви по улице Горького, 5а (рис. 1).

a



b

Рис. 1. Фрагмент исторического центра г. Иркутска по ул. Горького:
a – космический снимок, 2021 г.; *b* – фрагмент реестрового плана, 1929 г.
Fig. 1. Fragment of the historical center of Irkutsk on the Gorky street:
a – satellite image, 2021; *b* – fragment of the registry plan, 1929

Здание школы «Детский сад» выполнено архитектором Г. В. Розеном в стиле, характерном для русского деревянного зодчества (рис. 2). Сооружение напоминает сказочный терем: рубленые бревенчатые стены с двумя ризалитами по главному фасаду и витражами, кровля с шатровыми колпаками со шпилями и изображением шахматных ромбов, обилие декоративных элементов.

Школа «Детский сад» была построена на улице Амурской на месте сгоревшего в пожаре 1879 года первоначального здания.

Планировка чрезвычайно компактна: на первом этаже коридоров нет, на втором – только один.

[5]Программа практик «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https:// www.istu.edu (11.08.2021).

[6]СМК. Положение о порядке организации и проведения практики обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования – программы бакалавриата, программы специалитета и программы магистратуры в ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https://www.istu.edu (11.08.2021).

[7]Программа практик «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https:// www.istu.edu (11.08.2021).

[8]О регистрации объекта культурного наследия регионального значения «Здание детского сада N 21» (Иркутская область) в едином государственном реестре объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://culture.gov.ru (11.08.2021).

Рис. 2. Здание школы «Детский сад», г. Иркутск, общий вид. Начало XX в. [10]
Fig. 2. School building "Kindergarten", Irkutsk, general view. The beginning of the twentieth century [10]

На первом этаже были расположены три комнаты под квартиры начальниц, один большой зал и два класса для занятий, а также передняя, столовая, буфет и кухня; на втором этаже располагался гимнастический зал, три комнаты были отданы под классы или спальни; туалеты были на каждом этаже[9] [11].

Территория школы имела ограду вдоль улицы с воротами и калитками, выполненными в едином стиле со зданием. Низкое ограждение в створе с фасадом выделяло хозяйственный двор. В процессе строительства в проект были внесены изменения, которые коснулись внутренней планировки и устройства крылец. В таком виде здание существовало до 1937 года, о чем свидетельствует технический паспорт за этот год и фотографии 1882–1930 годов. В 1920-х годах, после революции в здании стал размещаться обычный детский сад.

В 1938 году здание было перенесено на территорию Харлампиевской церкви на улице Горького, 5а. В процессе переноса были утрачены многие декоративные элементы, сруб упрощен, лишен выпусков под балкон, под элементы, поддерживающие карниз, обшит досками. Кровля, слуховые окна, печные трубы приобрели утилитарный характер. Был надстроен второй этаж над объемом, в дворовой части здания. Часть этажа превращена в веранду, остекленную с трех сторон, рисунок остекления не соответствует первоначальному стилю. Новое положение здания не позволило выполнить крыльцо парадного входа и крытую террасу со стороны двора, утрачена веранда, застекленная витражами из цветного стекла: облик здания существенно обеднен.

Безусловно, это одно из лучших зданий, спроектированных и построенных Г. В. Розеном в Иркутске[10] [11]. Сейчас от его былой красоты почти ничего не осталось: декор во многом утрачен, а сохранившиеся элементы находятся в очень плохом состоянии.

Цель реставрации – сохранение и определение культурно-исторического значения памятника. Задачи реставрации – восстановление объектов культурного наследия и экспертиза его культурно-исторического значения. «Планируемыми результатами обучения при прохождении практики стали знания основных параметров и характеристик определения предмета охраны объекта культурного наследия; умение определять предмет охраны объекта культурного наследия; владение навыками определения различия между предметом и объектом охраны»[11].

«Архитектурные, конструктивные, объемно-планировочные, инженерные и технологические решения по реставрации, консервации

[9]Школа «Детский сад» [Электронный ресурс] // ИРКИПЕДИЯ – портал Иркутской области: знания и новости. URL: http://irkipedia.ru (11.08.2021).
[10]Там же.
[11]Программа практик «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https:// www.istu.edu/ (11.08.2021).

объекта культурного наследия, приспособлению его для современного использования определяются на основании научных исследований, проведенных до начала выполнения производственных работ»[12] [9].

Обучающиеся «при прохождении практики узнали основы анализа и обобщения информации при проведении комплексных научных исследований объектов культурного наследия»; научились «проводить комплексные научные исследования объектов культурного наследия с помощью освоения необходимой информации; овладели методами восприятия, анализа и обобщения информации для комплексного научного исследования объекта культурного наследия»[13].

Предварительное изучение архивных документов проводится для уточнения периода строительства и, соответственно, стиля постройки, а также даты ремонта, поэтому было составлено описание объекта с указанием исторических сведений о нем.

Натурные исследования памятника архитектуры – главное звено всего процесса реставрации. На основе осмотра здания, подлежащего реставрации, студенты под руководством главного архитектора проекта уточнили характеристики его планировки и объемного решения.

Работа сопровождалась фотофиксацией здания и элементов (рис. 3), выполнением зарисовок и чертежей, в процессе чего практиканты узнали основные способы выражения архитектурного замысла, включая графические, макетные, компьютерного моделирования, вербальные и видео; приобрели умение оформлять результаты работ по сбору, обработке и анализу данных, необходимых для разработки архитектурно-реставрационной концепции; овладели методом графического изображения и объемно-пространственного моделирования проектируемого объекта[14].

«Фотографическую фиксацию объекта культурного наследия и его деталей проводят как на стадии предварительного ознакомления с объектом, так и на всех последующих стадиях его исследования и реставрации. Основное преимущество фотографии при фиксации объекта – ее строгая документальность»[15].

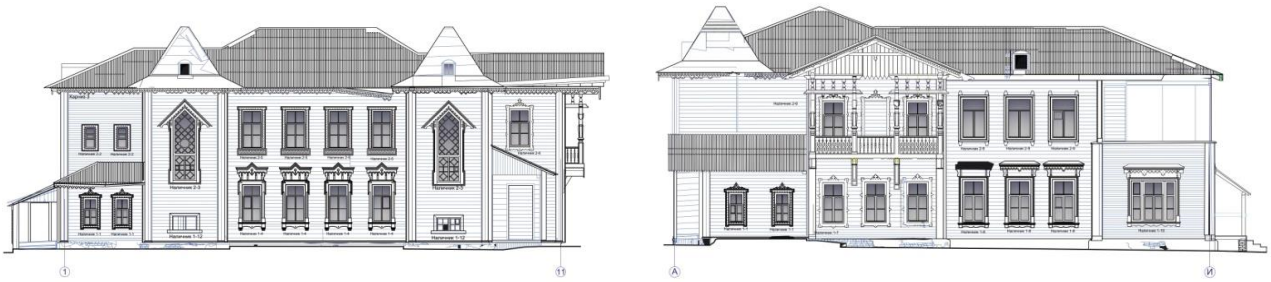
a *b*

Рис. 3. Здание школы «Детский сад» до реставрации, г. Иркутск:
a – фасад; *b* – фрагмент фасада. Фото 2021 г.
Fig. 3. School building "Kindergarten" before restoration, Irkutsk:
a – facade; *b* – a fragment of the facade. Photo 2021

[12]СРП-2007. Свод реставрационных правил. Рекомендации по проведению научно-исследовательских, изыскательских, проектных и производственных работ, направленных на сохранение объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов РФ [Электронный ресурс] // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: https://base.garant.ru/6179843/ (16.09.2021).
[13]Программа практик «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ, Иркутск, 2018 [Электронный ресурс]. URL: https:// www.istu.edu/ (11.08.2021).
[14]Там же.
[15]ГОСТ Р 56905-2016. Проведение обмерных и инженерно-геодезических работ на объектах культурного наследия. Общие требования (переиздание ГОСТ Р от 29 марта 2016 года № 56905-2016) [Электронный ресурс] // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200133756 (20.09.2021).

Исследование обязательно включает архитектурные обмеры постройки с выполнением черновых зарисовок – кроки. «Обмеры являются основополагающим исходным материалом для проведения проектных работ и определяют качество проекта»[16]. Качество обмера зависит от тщательности выполнения кроки, на которые в процессе обмеров обучающиеся нанесли все получаемые размеры, узнав техники архитектурного обмера и других способов фиксации архитектурных сооружений; научившись производить архитектурный обмер зданий и сооружений и освоив другие способы фиксации исторических объектов; овладев методами восприятия, анализа и обобщения информации для комплексного научного исследования объекта культурного наследия[17]. Кроки и обмеры были исполнены в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к фиксации конструкций и элементов с их точной привязкой.

«На основании проведенных в полевых условиях обмерных работ выполняют масштабные ортогональные чертежи основных проекций здания и его деталей. Данные материалы дополняют протокольно-документальной фотофиксацией и описанием текущего состояния объекта культурного наследия»[18]. Изучение обмеряемого объекта «Здание детского сада» студенты продолжили в процессе составления чертежей фасадов (рис. 4), деталей (рис. 5, 6) и элементов декора (рис. 7) по результатам обмеров. Обмерочные чертежи – вид чертежной документации, в которой были зафиксированы результаты обмерных работ существующих габаритов внутренних, фасадных и несущих конструкций здания, где практиканты, в том числе, нанесли фрагменты поврежденных деталей, обнаруженных во время обмеров.



a *b*

Рис. 4. «Здание детского сада» по ул. Горького, 5а в г. Иркутске: *a* – фасад в осях 1–11 с маркировкой наличников; *b* – фасад в осях А – И с маркировкой наличников. Исполнили – П. Пуляевский, В. Цыбин; руководитель – А. К. Мироненко

Fig. 4. "Building of a kindergarten" on the Gorky street, 5a in Irkutsk: *a* – facade in axes 1–11 with marking of platbands; *b* – facade in axes A – И with platband marking. Performed by P. Pulyaevsky, V. Tsybin; head - A. K. Mironenko

Деревянные и каменные конструкции подвержены риску разрушения и уничтожения, поэтому одним из основных видов реставрационной деятельности является укрепление конструкций памятника на основании их неудовлетворительного, а местами – аварийного состояния [9]. Практиканты под руководством специалистов фирмы «Традиция» приняли участие в фотофиксации обследования технического состояния конструкций крыши, выяснив, что дерево легко поддается гибели, «узнали принципы и особенности применения новых конструктивных и технологических решений в реконструкционно-реставрационном проектировании»; приобрели «умение проектировать и реконструировать исторические средовые объекты и системы интерьерного характера с использованием современных и

[16]ГОСТ Р 56905-2016. Проведение обмерных и инженерно-геодезических работ на объектах культурного наследия. Общие требования (переиздание ГОСТ Р от 29 марта 2016 года № 56905-2016) [Электронный ресурс] // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200133756 (20.09.2021).

[17]Программа практик «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https:// www.istu.edu (11.08.2021).

[18]ГОСТ Р 56905-2016. Проведение обмерных и инженерно-геодезических работ на объектах культурного наследия. Общие требования (переиздание ГОСТ Р от 29 марта 2016 года № 56905-2016) [Электронный ресурс] // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: https://docs.cntd.ru/document/1200133756 (20.09.2021).

перспективных конструктивно-технических средств и решений»; овладели «приемами организации строительных работ, обеспечивающими сохранение объектов культурного наследия»[19].

a *b* *c*

Рис. 5. «Здание детского сада» по ул. Горького, 5а в г. Иркутске. Наличники окон фасада в осях 1–11 с обозначением дефектов: *a* – вид и наличник 2-3; *b* – вид и наличник 2-5; *c* – вид и наличник 1-4. Исполнили – П. Пуляевский, В. Цыбин; руководитель – А. К. Мироненко

Fig. 5. "Building of a kindergarten" on the Gorky street, 5a in Irkutsk. Platbands of facade windows in axes 1–11 with the designation of defects: *a* – type and platband 2-3; *b* – type and clypeus 2-5; *c* – type and clypeus 1-4. Performed by P. Pulyaevsky, V. Tsybin; head - A.K. Mironenko

Планируемыми результатами обучения при прохождении практики стали «знания современных средств развития и выражения архитектурного замысла (графические, макетные, компьютерные, вербальные, фото и видео), их особенностей в реставрационном проектировании; умения генерировать проектную идею и последовательно развивать ее в проектировании средствами компьютерной графики; владение разнообразными техническими приемами и средствами современных профессиональных, межпрофессиональных, публичных коммуникаций»[20].

[19]Программа практик «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https:// www.istu.edu (11.08.2021).
[20]Там же.

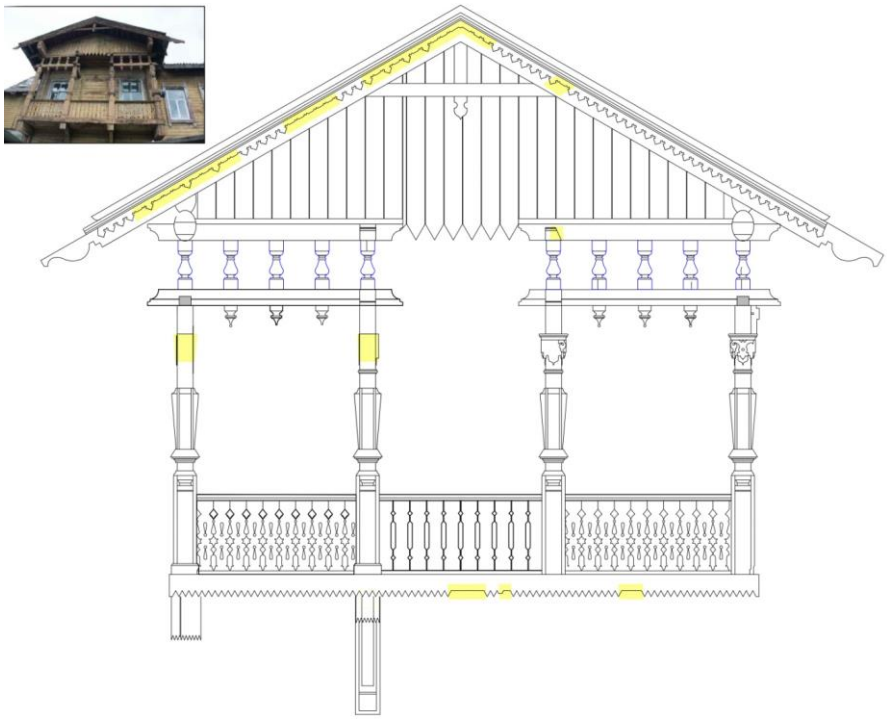
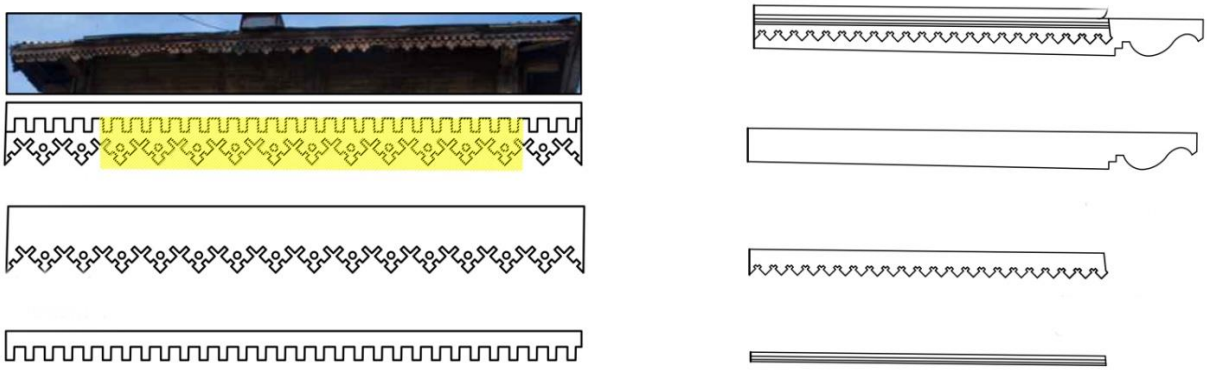


Рис. 6. «Здание детского сада» по ул. Горького, 5а в г. Иркутске: балконная группа с обозначением дефектов. Исполнили – П. Пуляевский, В. Цыбин; руководитель – А. К. Мироненко
Fig. 6. "Building of a kindergarten" on the Gorky street, 5a in Irkutsk: balcony group with defect marks. Performed by P. Pulyaevsky, V. Tsybin; head – A. K. Mironenko



a *b*

Рис. 7. «Здание детского сада» по ул. Горького, 5а в г. Иркутске: *a* – карниз фасадов: вид и карниз 1 с обозначением дефектов, элемент 1 карниза 1, элемент 2 карниза 1; *b* – карниз балконной группы: карниз 2, элемент 1 карниза 2, элемент 2 карниза 2, элемент 3 карниза 2. Исполнили – П. Пуляевский, В. Цыбин; руководитель – А. К. Мироненко
Fig. 7. "Building of a kindergarten" on the Gorky street, 5a in Irkutsk: *a* – facade cornice: view and cornice 1 with the designation of defects, element 1 of cornice 1, element 2 of cornice 1; *b* – cornice of the balcony group: cornice 2, element 1 of cornice 2, element 2 of cornice 2, element 3 of cornice 2.
Performed by P. Pulyaevsky, V. Tsybin; head - A. K. Mironenko

Предварительные исследования, выполненные студентами направления «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» по итогам производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности на базе ООО НПРФ «Традиция», включены в «Рабочую проектно-сметную документацию первоочередных противоаварийных работ по фасадам и крыше “Здания детского сада” по улице Горького, 5а», разработанную с целью неотложного проведения работ, в связи с де-

струкцией и утратой деревянных элементов здания.

Заключение

Результат образования в высшем учебном заведении – уровень сформированности компетенций, который должен быть получен обучающимся на выпуске из стен образовательного учреждения. Закрепление и проверка профессиональных компетенций и социальных ожиданий в отношении выпускника, его способность управлять результатами своей профессиональной деятельности закладывается [5], в том числе, при прохождении производственной практики.

По результатам прохождения производственной практики[21] по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности обучающимися направления «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» получен опыт профессиональной деятельности с учетом этапа освоения компетенции и приобретены следующие навыки:

– умение работать с компьютером как средством управления информацией и с традиционными графическими носителями информации;

– способность проводить предпроектные исследования для формирования проектных документов по объектам исторического наследия;

– умение работать с объектами культурного наследия;

– умение осуществлять прикладные научные исследования;

– владение методами моделирования и гармонизации искусственной среды при разработке проектов;

– выражение архитектурно-реставрационного замысла средствами ручной графики, компьютерной визуализации, макетирования при исследовании объектов;

– умение представлять материалы исследования объектов архитектуры[22].

Производственная практика позволяет будущему выпускнику повысить качество подготовки и найти реальные способы оценки результатов образования, сформулированные в формате компетенций [5], что позволяет решить сразу несколько задач: ознакомления обучающихся с различными направлениями предварительных работ, а также историко-архивных исследований, повышения уровня профессиональных навыков выполнения проектной документации, обеспечения глубокого погружения в производственный процесс.

Таким образом, практико-ориентированное обучение, являющееся компетентностным и ориентированное на актуальные современные, а также планируемые производственные практики, выполняет задачу инструментализации подготовки обучающихся к профессиональной деятельности, что позволяет понимать, что необходимо «знать», «уметь» и чем «владеть» в профессиональной работе [12]. Следовательно, профессиональные компетенции и технологии обучения производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ правомерно рассматривать как условие профессиональной подготовки выпускников.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Надаховская Т. А. Образовательная концепция высших профессиональных учебных заведений как основа карьерного роста в условиях рыночных отношений // Инновационные технологии обучения культурно-досуговой деятельности: сб. статей / под науч. ред. А. В. Жаркова. М.: МГУКИ, 2004. Вып. 5. С. 103.

2. Щербакова А. Г., Союнов А. С. Компетентностный подход в российской системе высшего образования // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2017. № 3 (10). С. 26.

3. Демчук Е. В., Мяло В. В., Союнов А. С., Прокопов С. П., Щербакова А. Г. Компетентностный подход в практической подготовке обучающихся по направлению Агроинженерия [Электронный ресурс] // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. Спецвыпуск № 1. URL: https://e-

[21]СМК. Положение о порядке организации и проведения практики обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования – программы бакалавриата, программы специалитета и программы магистратуры в ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https://www.istu.edu (11.08.2021).

[22]Программа практик «Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности» направления 07.03.02 «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия» ИРНИТУ [Электронный ресурс]. Иркутск, 2018. URL: https:// www.istu.edu (11.08.2021).

journal.omgau.ru/index.php/spetsvypusk-1/28-spets01/264-00091 (11.08.2021).
4. Союнов А. С., Щербакова А. Г. Компетенции в делопроизводстве и образовательном процессе [Электронный ресурс] // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. № S22. С. 41–45. URL: http://e-koncept.ru/2014/14773.htm (11.08.2021).
5. Жукова Н. М. Предметные компетенции: проблемы проектирования // Вестник ФГОУВПО МГАИУ им. В.П. Горячкина. 2008. № 6-1 (31). С. 19–23.
6. Витковская М. И. Производственная практика и профессиональное становление студентов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология. 2002. № 1. С. 181–189.
7. Зверева Е. А., Лавина Т. А. Производственная практика как условие формирования ИКТ-компетентности бакалавров направления «Приборостроение» // Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева. 2017. № 4 (96). С. 125–132.
8. Третьякова Н. М., Меерович М. Г. Неорусский стиль в наличниках деревянной гражданской архитектуры г. Иркутска XVIII–XIX вв. // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. Т. 6. № 11. С. 132–143.
9. Сыч Е. Р., Захарчук М. Г. Особенности применения строительных норм и правил при реставрации объекта культурного наследия // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2019. Т. 9. № 2. С. 438–451. http://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-438-451.
10. Медведев С. И. Иркутск на почтовых открытках 1899–1917: Историко-библиографический альбом-каталог. М.: Галарт, 1996. 641 с.
11. Чеботарева Т. Ю. Детский сад на погосте // Проект Байкал. 2009. № 20. С. 150–151.
12. Родионова Д. Д., Кагакина Е. А. Применение технологий практико-ориентированного обучения при подготовке специалистов направления «Музеология и охрана объектов культурного и природного наследия» // Научный диалог. 2016. № 3 (51). С. 329–340.

REFERENCES

1. Nadakhovskaya TA. The educational concept of higher professional educational institutions as the basis for career growth in the conditions of market relations. *Innovatsionnye tekhnologii obucheniya kul'turno-dosugovoi deyatel'nosti: sb. statei*. Moscow: MGUKI, 2004. Vol. 5. p. 103. (In Russ.).
2. Shcherbakova AG, Soyunov AS. Competence-based approach in the Russian system of higher education. *Elektronnyi nauchno-metodicheskii zhurnal Omskogo GAU = Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU*. 2017;3(10):26. (In Russ.).
3. Demchuk EV, Myalo VV, Soyunov AS, Prokopov SP, Shcherbakova AG. Competence approach in the practical training of students of agricultural engineering program. *Elektronnyi nauchno-metodicheskii zhurnal Omskogo GAU = Research and Scientific Electronic Journal of Omsk SAU*. 2016. Spetsvypusk № 1. Available from: https://e-journal.omgau.ru/index.php/spetsvypusk-1/28-spets01/264-00091 [Accessed 11 August 2021]. (In Russ.).
4. Soyunov AS, Shcherbakova AG. Competence with paperwork and educational process. *Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal "Kontsept"*. 2014;S22:41-45. Available from: http://e-koncept.ru/2014/14773.htm [Accessed 11 August 2021]. (In Russ.).
5. Zhukova NM. Subject the competence: designing problems. *Vestnik FGOUVPO MGAIU im. V. P. Goryachkina*. 2008;6-1(31):19-23. (In Russ.).
6. Vitkovskaya MI. Work practice and professional self-determination of students. *Vestnik Rossiiskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Sotsiologiya = RUDN Journal of Sociology*. 2002;1:181-189. (In Russ.).
7. Zvereva EA, Lavina TA. On-the-job training as condition of formation of ICT-competence for instrument engineering bachelor's degree students. *Vestnik ChGPU im. I. Ya. Yakovleva = I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University bulletin*. 2017;4(96):125-132. (In Russ.).
8. Tret'yakova NM, Meerovich MG. Neorussian style in the architrave of wooden civil architecture of Irkutsk city in XVIII-XIX centuries. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2014;6(11):132-138. (In Russ.).
9. Sych ER, Zakharchuk MG. Characteristics of the application of building norms and rules during the restoration of a cultural heritage object. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2019;9(2):438-451. (In Russ.). http://doi.org/10.21285/2227-2917-2019-2-438-451.
10. Medvedev SI. Irkutsk on postcards 1899-1917: Historical and bibliographic album-catalog. Moscow: Galart; 1996. 641 p. (In Russ.).
11. Chebotareva TYu. Kindergarten at the

churchyard. *Proekt Baikal = Project Baikal*. 2009;20:150-151. (In Russ.).
12. Rodionova DD. Practice-oriented education technologies application in teaching the specialists of "Museology and protection of objects of cultural and natural heritage" program. *Nauchnyi dialog*. 2016;3(51):329-340. (In Russ.).

Информация об авторах

П. Е. Пуляевский,
бакалавр,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7614-3989

М. Г. Захарчук,
доцент ВАК, доцент кафедры монументально-декоративной живописи и дизайна им. В. Г. Смагина,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4285-3186

Information about authors

Pavel E. Pulyaevsky,
Bachelor,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7614-3989

Marina G. Zakharchuk,
Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Associate Professor of the Department of Monumental and Decorative Painting and Design named after V. G. Smagin,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4285-3186

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 19.10.2021.
Одобрена после рецензирования 16.11.2021.
Принята к публикации 17.11.2021.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

The article was submitted 19.10.2021.
Approved after reviewing 16.11.2021.
Accepted for publication 17.11.2021.

Научная статья
УДК 711.4-112
DOI: http://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-752-759

Применение социологических методов исследования в практике организации прибрежных территорий (на примере г. Иркутска)

Анна Андреевна Сидорова[1]✉, Валерий Васильевич Козлов[2]
[1,2]Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
[1]anyuta90796@yandex.ru✉
[2]c06@istu.edu

Аннотация. Цель – изучение специфики применения социологических методов при организации прибрежных территорий. В рамках данной работы осенью 2020 г. было проведено социологическое исследование восприятия городского пространства его жителями. Объектом исследования выступала территория Верхней Набережной реки Ангары в г. Иркутске (район Лисихи), которая рассматривалась как элемент городской среды, в которой сосуществуют группы и сообщества иркутян, обладающих разным видением одной и той же территории. Сбор данных проводился с помощью анкетирования. В качестве респондентов выступали люди, постоянно проживающие на территории Иркутска. Как показал опрос, состояние рекреационного пространства района Верхней Набережной г. Иркутска – наименее застроенного в структуре набережной р. Ангары – оценивается жителями невысоко. В качестве базовой концепции изменения территории горожане отдают предпочтение поэтапной трансформации пространства с включением в него зон для пешеходов и велосипедистов. Также жителей района привлекают идеи озеленения, создания спортивных зон и объектов, повышающих узнаваемость территории. Таким образом, проведенное исследование позволило выявить предпочтения горожан, с учетом которых возможно создание проекта по реконструкции территории Верхней Набережной р. Ангары в районе Лисихи г. Иркутска. Городское проектирование с учетом мнения горожан является современным трендом, который отвечает вызовам времени и отражается в концепциях и принципах градостроительства сегодняшнего дня.

***Ключевые слова*:** исследование, набережная города, ландшафт, рекомендации, пространство

Для цитирования: Сидорова А. А., Козлов В. В. Применение социологических методов исследования в практике организации прибрежных территорий (на примере г. Иркутска) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 752–759. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-752-759.

Original article

Application of sociological research methods in organising coastal territories (on an example of Irkutsk)

Anna A. Sidorova[1]✉, Valery V. Kozlov[2]
[1,2]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
[1]anyuta90796@yandex.ru✉
[2]c06@istu.edu

Abstract. The present work aims to study the specificity of applying sociological methods in organising coastal areas. In the autumn of 2020, in the framework of this work, a sociological study of urban space perception by its inhabitants was carried out. The object of research comprises the territory of the Top Embankment of the Angara River in Irkutsk (Lisikha district) as an element of the urban environment, where groups and communities of Irkutsk citizens cohabit, having different visions of the same territory. Data acquisition was carried out using a questionnaire. People permanently residing on the territory of Irkutsk were selected as respondents. The survey showed that the state of the recreational space at the Top Embankment area of Irkutsk – the least developed part of the Angara river embankment – is low rated by residents. As a basic concept of territory development, citizens prefer a stepwise space trans-

formation that includes zones for pedestrians and cyclists. Furthermore, landscape gardening, building sport zones and facilities increasing the recognition of the territory attract district residents. Thus, the study allowed the citizen preferences to be identified to design a reconstruction project of the Top Embankment territory at the Angara river in the Lisikha district of Irkutsk. Urban design that considers the opinion of citizens is a modern trend, which meets the challenges of the time and reflects the concepts and principles of urban planning nowadays.

***Keywords*:** research, city embankment, landscape, recommendations, space

For citation: Sidorova A. A., Kozlov V. V. Application of sociological research methods in organising coastal territories (on an example of Irkutsk). *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2021;11(4):752-759. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-752-759.

Введение

Современный город – это многосторонний и многоступенчатый функционально сложный организм, в котором деятельность по удовлетворению потребностей населения есть лишь последнее видимое звено в длинной цепи процессов, которые выходят далеко за пределы физических границ города [1]. Существование любого городского пространства связано с процессом символизации, следовательно, присутствует взаимовлияние материальных и духовных компонентов городской среды и пространства. Основные составляющие городского пространства – это архитектурные объекты, которые заключают в себе образные ассоциации, обладающие коммуникативным, информационно-знаковым потенциалом, отличающиеся на разных этапах развития общества и в каждом конкретном пространстве [2, 3]. Идея создания комфортной среды для горожан заставляет обращаться специалистов к проблеме идентификации территорий через их основные отличительные признаки. В частности, для территорий, имеющих выход к воде, большое значение имеет возможность их наделения рекреационной функцией.

Данная работа посвящена проблеме использования социологической методологии в процессе городского проектирования таких территорий.

Методы

В ходе исследования был проведен опрос жителей г. Иркутска, посвященный их отношению к существующим рекреационным пространствам на территории Верхней Набережной р. Ангары в г. Иркутске (район Лисихи) и их оценке данных пространств. Важно также было узнать мнение горожан о предполагаемых особенностях данной территории: от концепции и видения в целом предназначения и структуры территории до наличия конкретных объектов ландшафта.

В эмпирическом исследовании участвовало 150 жителей города Иркутска. Выборка являлась систематической, репрезентативной в соответствии с социально-демографическими параметрами населения г. Иркутска. В ходе анкетирования респондентам был задан ряд вопросов, касающихся проблемы исследования. В начале анкеты представлен блок вопросов, имеющих непосредственное отношение к оценке горожанами имеющихся объектов ландшафта на территории Верхней Набережной р. Ангары.

Результаты и их обсуждение

Иркутянам был задан вопрос о том, насколько часто они посещают данную территорию. Почти половина опрошенных (46,7 %) довольно редко посещают территорию Верхней Набережной р. Ангары в районе Лисихи (рис. 1). Это может быть связано с тем, что респонденты, проживающие рядом с этой территорией, не видят возможности для ее активного использования, а те респонденты, которые не проживают рядом, просто считают не рациональным добираться сюда с целью отдыха и проведения свободного времени, поскольку есть более привлекательные объекты для этой цели на территории города Иркутска. 6,7 % опрошенных горожан часто посещают данную территорию, это наиболее активные ее посетители. Для оценки потенциала территории Верхней Набережной р. Ангары в районе Лисихи респондентам был задан вопрос, считают ли они эту территорию подходящей для проведения городских торжеств и мероприятий. Больше половины респондентов (53,3 %) ответили на него положительно (рис. 2). Возможность использования пространства с указанной целью следует учитывать при проектировании данной территории, так как городские мероприятия – это важный элемент городского менталитета [4, 5].

Рис. 1. Ответы на вопрос о частоте посещения горожанами территории Верхней Набережной р. Ангары в г. Иркутске (в районе Лисихи), %
Fig. 1. Answers to the question about the frequency of citizens visiting the territory of the Upper Embankment of the Angara River in Irkutsk (in the Lisikha area), %

Рис. 2. Ответы на вопрос о возможности использования территории для проведения городских торжеств и мероприятий, %
Fig. 2. Answers to the question about the possibility of using the territory for holding city celebrations and events, %

При исследовании оценки горожанами состояния рекреационного пространства Верхней Набережной р. Ангары в г. Иркутске им было предложено проанализировать его в соответствии с указанными критериями по 5-балльной системе. Наибольший интерес представляет анализ системы средних оценок по предложенным критериям. Общая средняя оценка по всем параметрам составляет 2,9 балла, то есть оценка обустройства данной территории в целом является достаточно невысокой. Среди оцениваемых параметров наиболее высокую оценку (3,2 балла) получил критерий разнообразия функционального насыщения, который структурно включает в себя базовые элементы, такие как спортивные

и детские площадки, рекреационные и культурные зоны [6, 7]. По мнению респондентов, эти элементы представлены наиболее выгодно и разнообразно на изучаемой территории. Также респонденты оценили как значительно отличающиеся элементы дизайна и идентификатора местности, а также качество дорожного покрытия (по 3,1 балла). Это говорит о том, что территория узнаваема, имеет отличительные ландшафтные черты, которые выгодно отличают ее от подобных рекреационных пространств [8, 9].

Самую низкую оценку получил элемент, отвечающий за спуск к воде (2,6 балла), что является большой проблемой для рекреационной территории, расположенной на берегу реки [10].

Один из основных вопросов, несущих в себе главную смысловую нагрузку, – о базовой концепции изменения территории. Это ключевой вопрос, являющийся отправной точкой для последующей организации рекреационного пространства Верхней Набережной р. Ангары в г. Иркутске [11, 12]. В качестве основной идеи респонденты выбрали концепцию поэтапной трансформации небольших зон (ревитализацию) для удобства пешеходов и велосипедистов (46,7 %). Современные тренды городского устройства рассматривают набережную территорию как общественную ценность [13]. В этом ключе обновление набережной территории можно рассматривать как постепенный процесс с вовлечением в формирование ее структурных компонентов различных сообществ, в том числе и локальных [14, 15]. Поэтапная трансформация пространства позволит на различных этапах ее обустройства прислушиваться к мнению горожан и внедрять их идеи в градостроительную практику [16]. Преобладание пешеходных зон, дорожек и пространств для велосипедистов – это тенденции экологического подхода к организации территорий. Пешеходные территории можно спроектировать совместно с доступом к водным ресурсам, используя интересные архитектурные решения [17, 18].

Респонденты также обратили внимание на идеи создания знаковых объектов (26,7 %) и инфраструктурно-ландшафтный урбанизм (20 %). Знаковые объекты, несомненно, повысят узнаваемость территории и ее идентификацию [19]. Они могут быть связаны зелеными зонами, пешеходными и велосипедными дорожками. При этом 53,3 % респондентов не хотели бы освободить данную территорию от автомобильного движения (рис. 3). Это связано с тем, что близко находятся жилые массивы, имеющие подъездные пути [20, 21].

Рис. 3. Ответы на вопрос о возможности освобождения территории от автомобильного движения, %
Fig. 3. Answers to the question about the possibility of freeing the territory from automobile traffic, %

Заключение

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы.

Общая средняя оценка горожанами состояния рекреационного пространства Верхней Набережной р. Ангары в г. Иркутске по всем параметрам составляет 2,9 балла, то есть оценка обустройства данной территории в целом довольно невысока.

Относительно перспективы обустройства территории Верхней Набережной р. Ангары в районе Лисихи можно выделить несколько тенденций.

В качестве основной концепции изменения пространства респонденты выбрали концепцию поэтапной трансформации небольших зон (ревитализацию) для удобства пешеходов и велосипедистов. Преобладание пешеходных зон, дорожек и пространств для велосипедистов – ведущая идея будущего проекта территории.

Среди предпочитаемых элементов ландшафта для создания комфортной среды респонденты выделили: наличие открытых пространств с рекреационной функцией (бульвары, променады, парково-прогулочные зоны на берегу р. Ангары), озеленение и спортивные зоны с велосипедными дорожками.

На просьбу конкретизировать объекты будущей рекреационной зоны опрошенные назвали, прежде всего, элементы пляжного отдыха с комфортным спуском к воде и элементы идентификации территории, делающие ее узнаваемой.

Все эти тренды можно учитывать при создании проекта будущей планировки рассматриваемой территории, располагая их с учетом требований нормативно-законодательных документов.

С учетом вышеизложенных результатов социологического исследования создание проекта по реконструкции территории Верхней Набережной р. Ангары в районе Лисихи г. Иркутска возможно с учетом мнения горожан. Основные элементы, рекомендованные для включения в проект, – пешеходные территории (бульвары, променады, парково-прогулочные зоны), велосипедные дорожки, спортивные площадки, зоны озеленения, спуски к воде, зоны пляжного отдыха.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гетманченко О. В., Макогон Л. Н. Архитектурная комбинаторика и формообразование // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 1 (6). С. 86–97.
2. Ишков А. Д. Строительная отрасль России в показателях Росстата: 2003–2015 годы // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании: сборник материалов междунар. науч. конф. (Москва, 16–17 ноября 2016 года). Москва, 2017. № 1. С. 534–536.
3. Nogales E. G. Agro-based clusters in developing countries: staying competitive in globalised economy // Agricultural management, marketing and finance occasional paper. 2010. Iss. 25. p. 215.
4. Портер М. Конкуренция. 2-е изд. М.: Вильямс, 2006. 608 с.
5. Мусихина Е. А., Хохрин Е. В. Сценарное прогнозирование устойчивого развития урбанизированных территорий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 4. С. 97–101.
6. Мамин Р. Г., Щеннкова Г. Н., Волшаник В. В. Геоэкология и ресурсные возможности регионов Сибири. М.: АСВ, 2010. 224 с.
7. Leffers D. Conflict in the face of planning? Power, knowledge, and hegemony in planning practice // Planning and Conflict: Critical Perspectives on Contentious Urban Developments / eds. E. Gualini. Oxford: Routledge, 2015. p. 127-144.
8. Низамутдинова З. Ф., Большаков А. Г. Кампус – зеленый остров науки // Доступное и комфортное жилье: проблемы, поиски, решения: материалы экспертного семинара (Иркутск, 30–31 мая 2012 года). Иркутск, 2012. С. 77–86.
9. Murray R. Zero waste. London: Greenpeace Environmental Trust, 2002. 211 p.
10. Нагибина И. Ю., Журова Е. Ю. Значение парковых зон для жителей городской среды // Молодой ученый. 2014. № 20. С. 84–85.
11. Лавров Л. П., Перов Ф. В. «Уместная архитектура». Каприччио на стрелке Васильевского острова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Искусствоведение. 2016. № 4. С. 52–86. https://doi.org/10.21638/11701/spbu15.2016.404.
12. Поспелова И. Ю., Корнилов Д. А. Технология теплоизоляционного и сигнального покрытия Smartcover для современных энергетических систем // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): мат-лы VIII Всероссийской научно-технической конф. с междунар. участием (Иркутск, 26–28 апреля 2018 года). Иркутск, 2018. С. 177–182.
13. Юсупова Л. М. Инвестиционный потенциал региона: сущность и факторы // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2012. № 9. С. 24.
14. Петрина О. А. Государственная поддержка моногородов в России // Вестник университета. 2015. № 6. С. 151–156.
15. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of green economy // Economic Processes Management: International Scientific EJournal. 2015. № 1. p. 108-115.
16. Петрина О. А., Стадолин М. Е. К вопросу о государственном финансировании реконструкции и модернизации объектов комму-

нальной сферы // Вестник университета. 2017. № 6. С. 15–19.
17. Сидорова Н. В., Струк Е. Н., Зимина Е. В. Современные бренды как образы города в представлении общественности: анализ исследований на примере города Иркутска // Известия Байкальского государственного университета. 2019. Т. 29. № 2. С. 198–206. https://doi.org/10.17150/2500-2759.2019.29(2). 198-206.
18. Семенцов С. В. Развитие революционного архитектурного авангарда в Петрограде – Ленинграде по градостроительным канонам императорского Санкт-Петербурга. Часть 1. От Петра Великого до В. И. Ленина // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Искусствоведение. 2017. № 2. С. 249–272. https://doi.org/10.21638/11701/spbu15.2017.207.
19. Стадолин М. Е. Современные тенденции организации благоустройства территорий поселений как основы формирования комфортной городской среды // Государственное и муниципальное управление в Российской Федерации: Современные проблемы и перспективы развития: сборник научных трудов преподавателей, аспирантов и студентов кафедры государственного и муниципального управления. Москва, 2017. С. 140–145.
20. Кулаков А. И., Шишканов В. С., Шишканова М. А. Организация пешеходных туристических маршрутов в исторических городах // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3. С. 152–156.
21. Kuhn S. Learning from the Architecture Studio: Implications for Project-Based Pedagogy // International Journal of Engineering Education. 2001. № 17. p. 349-352.

REFERENCES

1. Getmanchenko OV, Makogon LN. Architectural combinatorial theory and generation of geometry. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2014;1(6):86-97. (In Russ.).
2. Ishkov AD. The construction industry of Russia according to Rosstat indicators: 2003-2015. *Integratsiya, partnerstvo i innovatsii v stroitel'noi nauke i obrazovanii: sbornik materialov mezhdunar. nauch. konf*. (Moscow, 16-17 November 2016). Moscow, 2017. № 1. p. 534-536.
3. Nogales EG. Agro-based clusters in developing countries: staying competitive in globalised economy. *Agricultural management, marketing and finance occasional paper*. 2010;25:215.
4. Porter M. On competition. 2nd ed. Moscow: Vil'yams; 2006. 608 p. (In Russ.).
5. Musikhina EA, Khokhrin EV. Scenario Forecasting of Urban Land Sustainable Development. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013;4:97-101. (In Russ.).
6. Mamin RG, Shchennkova GN, Volshanik VV. Geoecology and resource potential of Siberian regions. Moscow: ASV; 2010. 224 p. (In Russ.).
7. Leffers D. Conflict in the face of planning? Power, knowledge, and hegemony in planning practice. In: Gualini E. (eds.). *Planning and Conflict: Critical Perspectives on Contentious Urban Developments*. Oxford: Routledge; 2015. p. 127-144.
8. Nizamutdinova ZF, Bol'shakov AG. Campus – green island of science. *Dostupnoe i komfortnoe zhil'e: problemy, poisk, resheniya: materialy ekspertnogo seminara* (Irkutsk, 30-31st May 2012). Irkutsk, 2012. p. 77-86. (In Russ.).
9. Murray R. Zero waste. London: Greenpeace Environmental Trust; 2002. 211 p.
10. Nagibina IYu, Zhurova EYu. The importance of park zones for residents of the urban environment. *Molodoi uchenyi*. 2014;20:84-85. (In Russ.).
11. Lavrov LP, Perov FV. "Appropriate architecture". Capriccio on the Vasilyevsky island Strelka. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Iskusstvovedenie = Vestnik of Saint Petersburg University. Arts*. 2016;4:52-86. (In Russ.). https://doi.org/10.21638/11701/spbu15.2016.404.
12. Pospelova IYu, Kornilov DA. Smartcover heat insulation and signal coating technology for modern energy systems. *Zhiznennyi tsikl konstruktsionnykh materialov (ot polucheniya do utilizatsii): materialy VIII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konf. s mezhdunar. uchastiem* (Irkutsk, 26-28 April 2018). Irkutsk, 2018. p. 177-182. (In Russ.).
13. Yusupova LM. Investment potential of region: the essence and factors. *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem (elektronnyi nauchnyi zhurnal) = Modern Studies of Social Issues*. 2012;9:24. (In Russ.).
14. Petrina OA. State endorsement of monocities in Russia. *Vestnik universiteta*. 2015;6:151-156. (In Russ.).
15. Chernykhivska A. Modern perspectives of development of green economy. *Economic Pro-*

cesses Management: International Scientific EJournal. 2015;1:108-115.
16. Petrina OA, Stadolin ME. To the question of state financing of reconstruction and modernization of objects of municipal sphere. *Vestnik universiteta*. 2017;6:15-19.
17. Sidorova NV, Struk EN, Zimina EV. Modern brands as images of the city in the public opinion: an analysis of the research on the example of the city of Irkutsk. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*. 2019;29(2):198-206. (In Russ.). https://doi.org/10.17150/2500-2759.2019.29(2). 198-206.
18. Sementsov SV. Development of revolutionary avant-garde movement in the architecture of Petrograd - Leningrad according to the rigid town-planning canons of imperial St. Petersburg. Part 1. From Peter the Great to V. I. Lenin. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta. Iskusstvovedenie = Vestnik of Saint Petersburg University. Arts*. 2017;2:249-272. (In Russ.). https://doi.org/10.21638/11701/spbu15.2017.207.
19. Stadolin ME. Modern trends in the organization of the improvement of the territories of settlements as the basis for the formation of a comfortable urban environment. *Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie v Rossiiskoi Federatsii: sovremennye problemy i perspektivy razvitiya: sbornik nauchnykh trudov prepodavatelei, aspirantov i studentov kafedry gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniya*. Moscow, 2017. p. 140-145. (In Russ.).
20. Kulakov AI, Shishkanov VS, Shishkanova MA. Organization of hiking tourist trails in historic towns. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2015;3: 152-156. (In Russ.).
21. Kuhn S. Learning from the Architecture Studio: Implications for Project-Based Pedagogy. *International Journal of Engineering Education*. 2001;17:349-352.

Информация об авторах

А. А. Сидорова,
магистрант,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2559-4872

В. В. Козлов,
кандидат архитектуры, профессор кафедры архитектурного проектирования,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0896-4149

Information about the authors

Anna A. Sidorova,
Master's degree student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2559-4872

Valery V. Kozlov,
Cand. of Architecture, Professor
of the Department of Architectural Design,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0896-4149

Вклад авторов

Сидорова А. А. и Козлов В. В. имеют равные авторские права. Сидорова А. А. несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Sidorova A. A. and Kozlov V. V. have equal author’s rights. Sidorova A. A. bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 02.11.2021.
Одобрена после рецензирования 30.11.2021.
Принята к публикации 01.12.2021.

The article was submitted 02.11.2021.
Approved after reviewing 30.11.2021.
Accepted for publication 01.12.2021.

Научная статья
УДК 711.4
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-760-769

Градостроительная экология и тенденции развития городских парков

Хао Цзини[1]✉, Валерий Васильевич Козлов[2]
[1,2]Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
[1]malex1j@yandex.ru✉
[2]c06@istu.edu

Аннотация. Цель работы заключается в определении актуальных групп связей между городом и парком и построении модели эффективного городского парка. В ходе работы изучались научные источники и материалы, связанные с историей развития парков; систематизировались объекты исследования по общепринятой классификации на градостроительном, архитектурно-планировочном и объемно-пространственном уровнях. Городские парки – это комплексная форма зеленого пространства с различными видами использования, такими как отдых, развлечения и созерцание красоты природы. На основе выявленных связей между городом и парком – рекреационных, экологических, экономических, эстетических и правовых – была построена модель эффективного городского парка. Доказано, что он должен иметь свой собственный стиль, обладать индивидуальными чертами. Установлено, что развитие городских парков – это непрерывный процесс, в ходе которого разрабатываются и строятся новые городские парки, а старые – преобразуются и обновляются. Преобразование старых парков – это процесс метаболизма, который является ключевым для системы городских парков и может обеспечить здоровое и устойчивое развитие данной системы. Городские парки создаются для решения ряда проблем, вызванных стремительной урбанизацией, и являются неотъемлемым компонентом современных городов. Парки играют незаменимую роль в удовлетворении растущей потребности населения в отдыхе и значительно улучшают местную экологическую среду. В них рекомендуется увеличивать места отдыха и предоставления услуг, так как это может значительно обогатить общественное пространство.

Ключевые слова: городские парки, дизайн парка, городское пространство, экосистема, урбанизация

Для цитирования: Хао Цзини, Козлов В. В. Градостроительная экология и тенденции развития городских парков // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 760–769. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-760-769.

Original article

Urban planning environment and trends in improving city parks

Hao Jing[1]✉, Valery V. Kozlov[2]
[1,2]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
[1]malex1j@yandex.ru✉
[2]c06@istu.edu

Abstract. This work examines current connections between a city and a park and provides a model for an efficient city park. In the course of research, scientific sources and materials related to the history of park development were studied; the objects of research were classified in generally accepted urban, architectural and space-planning and volume-spatial levels. City parks are a complex form of green space intended for various purposes, such as recreation, entertainment and contemplation of the beauty of nature. A model of an efficient city park was built based on the revealed connections between a city and a park, inlcuding recreational, environmental, economic, aesthetic and legal. It was confirmed that a park should exhibit its style and individuality. The development of city parks is a continuous process, resulting in new city parks being designed and built and the old ones transformed and renewed. The transformation of old parks is a key development process occurring in the urban park system, en-

suring its healthy and sustainable development. An integral part of modern cities, parks address various challenges imposed by rapid urbanisation. Parks are essential not only in satysfying the population's growing need in recreation, but also in improving the local ecological environment. It is recommended to increase recreational and service facilities in the parks since they are beneficial for the public space.

Keywords: urban parks, park design, urban space, ecosystem, urbanization

For citation: Hao Jing, Kozlov V. V. Urban planning environment and trends in improving city parks. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):760-769. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-760-769.

Введение

Озелененные общественные пространства, к которым относятся городские парки, трансформируются под влиянием растущей потребности населения в качественных, наполненных смыслом местах с разнообразными функциями. Для современных городов актуальным становится новое понимание парков, которые создаются на непригодных для строительства территориях, пустырях, в бывших промышленных зонах.

Городские парки – это общественные зеленые пространства, где можно любоваться природой и которые обеспечивают отдых и развлечения для населения и являются городской инфраструктурой, повышающей общественное благосостояние. Основные типы открытых зеленых пространств: комплексные парки, зоопарки, ботанические сады, детские игровые площадки, зеленые зоны у жилых домов и т.д. Ландшафтный облик городских парков свидетельствует об общем уровне культурного и духовного развития города. В концепции дизайна парка отражается ориентированный на человека подход, предполагающий, что парк – это не просто сочетание сада и леса, где основное внимание уделяется озеленению, но и место с культурным и творческим наполнением. Дизайн парка, включающий название, сочетания элементов, оформление и т.д., должен иметь глубокий культурный подтекст и обогащать содержание паркового ландшафта [1]. В то же время дизайн также должен быть пространственным и содержательным, подстраивая элементы друг под друга и делая их гармоничными и взаимодополняющими. Городские парки являются важной частью системы зеленых насаждений города и местом, объединяющим материальную и духовную культуру в жизни людей.

Методы

Методы и инструменты исследования включают изучение научных источников и материалов, связанных с историей развития объектов исследования; систематизацию объектов исследования по общепринятой классификации на градостроительном, архитектурно-планировочном и объемно-пространственном уровнях.

Результаты и их обсуждение

В то время как садово-парковое искусство существует уже более 6 000 лет, появление городских парков стало делом лишь последних одной-двух сотен лет. В 1860-е годы, после начала промышленной революции в Англии, капитализм развивался стремительно, а промышленные объекты строились, нанося вред экологии. Быстрый рост городского населения и расширение городских земель все больше отдаляли людей от природной среды, особенно рабочий класс, условия его жизни в городах ухудшались. В 1843 году первый городской парк был создан в Ливерпуле (Англия), затем на налоговые деньги был построен бесплатный и общедоступный парк Биркенхед. Принято считать, что городские парки были в значительной степени преобразованы и адаптированы из общественных пространств и частных садов древних городов [2]. Также общепризнано, что городские парки берут свое начало еще со времен античности, но если учитывать меняющийся контекст разных времен, то функции городских парков также существенно меняются. В более широком смысле городской парк – это любой парк, кроме природного, который был создан благодаря вмешательству человека, а в более узком смысле – это зеленое пространство, которое было создано специально в соответствии с потребностями и для удобства людей, живущих рядом с ним.

Термин «парк» начал формироваться только в XVII веке в Европе после триумфа буржуазной революции и когда некоторые королевские особы открыли зеленые насаждения, находившиеся в частной собственности двора. К середине XIX века во многих странах уже были созданы специально спланированные и спроектированные городские парки, такие как

Центральный парк в США, парк Хибия в Японии и некоторые современные парки в Европе.

В Китае термин «парк» возник еще во времена Северной и Южной династий и относится к королевским садам, которые предназначались в основном для дворцовой знати, а не для широкой публики. Его можно определить как своего рода «импортный продукт», который постепенно возник в некоторых прибрежных городах с высоким уровнем урбанизации, открытых для внешнего мира раннее других, под влиянием иностранных культуры и идей.

Парк Хуанпу в Шанхае стал первым по-настоящему современным парком в Китае, подход, философия и идеи которого очень близки европейским паркам, имеющим меньшую площадь и обширные участки, покрытые травой (рис. 1).

Рис. 1. Парк Хуанпу в Шанхае
Fig. 1. Huangpu Park in Shanghai

Впоследствии, под дальнейшим влиянием иностранных идей многие экономически развитые города Китая также постепенно начали строить парки, такие как парк Чжуншань в Пекине (рис. 2), парк Юэсю в Гуанчжоу (рис. 3), парк озера Сюаньву в Нанкине (рис. 4) и так далее [3].

Рис. 2. Парк Чжуншань в Пекине
Fig. 2. Zhongshan Park in Beijing

Рис. 3. Парк Юэсю в Гуанчжоу
Fig. 3. Yuexiu Park in Guangzhou

Рис. 4. Парк озера Сюаньву в Нанкине
Fig. 4. Xuanwu Lake Park in Nanjing

Таким образом, с течением времени китайские «парки» превратились из частных садов, которые обслуживали лишь ограниченное число людей, в общественные зеленые зоны, открытые для широкой публики, а их функции, характер и цели обслуживания полностью изменились. Хотя кажется, что зеленые пространства с чертами, характерными для парков, существуют уже давно, только в современную эпоху зеленые пространства с функциями современных парков медленно трансформируются, обретая истинную общественную природу.

Городские парки развиваются от микроскопического масштаба «садов под рукой» до макроскопического масштаба «садов земли» и «экологических садов». Являясь частью системы городских зеленых насаждений, современный городской парк играет важную роль в поддержании разнообразия и стабильности городской экосистемы. Дизайн городских парков должен в полной мере использовать оригинальный природный рельеф, естественные растительные насаждения и естественный подход на основе планировки, ландшафтной архитектуры в живописной зоне, чтобы элементы парка были рационально согласованы с природными особенностями. Таким, например, является парк Чаоян, имеющий большую площадь растительных насаждений и играющий значительную роль в создании экосистемы города.

Будучи общественным пространством, в котором люди взаимодействуют с природой и занимаются какой-либо деятельностью, городские парки создают разнообразные виды деятельности и стимулируют положительные эмоции благодаря доступности пространства для общественности и использованию доступных и партисипативных элементов ландшафта. В то же время дизайн парка должен отражать гуманность и доступность для большинства людей, например, дизайн общественных туалетов и безбарьерный дизайн дорог, детали которого отражают заботу о людях [4–8].

Проведенный анализ городской среды позволил выявить актуальные группы связей, такие как рекреационные, экологические, экономические, эстетические, правовые, между городом и парком. На базе выявленных связей построим модель эффективного городского парка (рис. 5, 6).

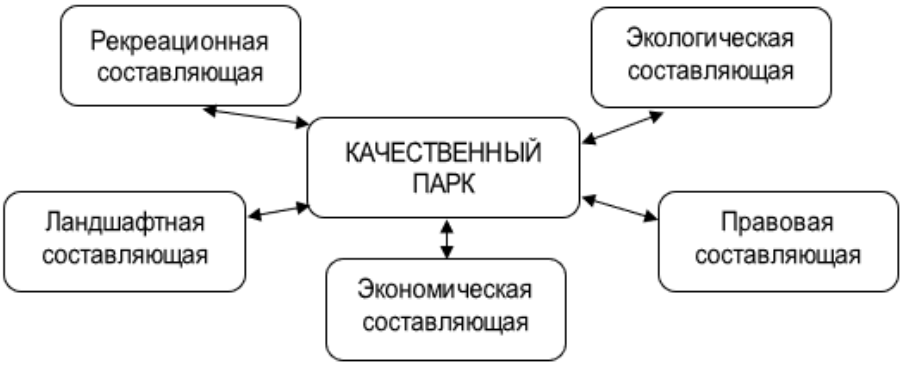


Рис. 5. Составляющие качественного городского парка
Fig. 5. Components of a high-quality urban park

Рис. 6. Модель качественного городского парка
Fig. 6. A model of a high-quality urban park

Парк должен иметь свой собственный стиль, обладать индивидуальными чертами. Дизайн парка следует некоторым общим художественным принципам, техническим спецификациям, основан на использовании техник, наделяющих пространство различными характеристиками и определенной тематикой [9].

Например, в Пекинском международном парке скульптур использованы различные художественные стили, являющиеся его главными характеристиками. Парк у реки Каламус (Пекин) демонстрирует исторические и культурные элементы, скульптуры, соответствующая атмосфера создается благодаря продуманному ночному освещению парка, подчеркивающему красную стену, реку и отражения растений. В Парке руин городской стены Минг (Пекин) используются простые методы дизайна, подчеркивающие красоту разрушенных городских стен и раскрывающие историю города через внешний вид его стен и угловых башен (рис. 7).

Рис. 7. Парк руин городской стены Минг (Пекин)
Fig. 7. Ming Park city wall ruins (Beijing)

С момента появления городских парков в середине XIX века стала очевидна их значимость не только как системы открытых пространств, но и как объектов, играющих заметную роль в региональном развитии и формировании городов. Выполняя ландшафтные функции и улучшая экологическую обстановку, городские парки постепенно становятся важной инициативой в строительстве экологичных городов. Среди городских парков можно выделить разнообразные типы, каждый из которых объединяет множество функций, а содержание их работы и направленность их функций варьируются в силу различных предпосылок, потребностей и целей.

С точки зрения городского строительства и развития, наиболее часто используются три элемента – природа, город и люди, которые в совокупности образуют системное органическое целое, элементы которого связаны и влияют друг на друга. Строительство городских парков является экологической формой городского строительства, и его основной смысл отражают экологическая ценность чистой воды и лесов, ценность простой и здоровой жизни, экономическая ценность «зеленых» и низко-

углеродных решений, а также гуманистическая ценность культуры людей. Будучи основным городским общественным пространством, городские парки обеспечивают людям возможность отдохнуть, любуясь видом декоративных насаждений, одновременно выполняя функции экологического, эстетического, пространственного ландшафта, предотвращения и смягчения последствий землетрясений и стихийных бедствий, не только способствуя решению существующих проблем городского пространства, окружающей среды и спроса, но и играя немаловажную роль в сохранении культурного наследия города и стимулировании экономического развития [10–12].

Представим рациональную схему городского парка, интегрированного в природный ландшафт (озеро и острова), на рис. 8.

Рис. 8. Рациональная схема городского парка, интегрированного в природный ландшафт
Fig. 8. Rational scheme of a city park integrated with the natural landscape

Строительство разумной системы городских парков играет ключевую роль в устойчивом развитии городов [13, 14]. Развитие городских парков – это непрерывный процесс, в ходе которого разрабатываются и строятся новые городские парки, а старые – преобразуются и обновляются. Преобразование старых парков – это процесс метаболизма, который является ключевым для системы городских парков, и только таким образом мы можем обеспечить здоровое и устойчивое развитие системы парков [15].

Скорости развития урбанизации и строительства городских парков должны соответ-

ствовать друг другу. Рассматривая процесс урбанизации в развитых странах, мы видим, что городские зеленые парки являются эффективным способом смягчения остроты городских проблем.

В процессе стремительной урбанизации строительство городских парков должно идти в ногу со временем, и только когда эти два процесса будут гармонизированы и объединены, урбанизация может быть устойчивой.

В настоящее время в Китае сложилась такая критическая ситуация, при которой строительство городских парков и урбанизация должны протекать в одном темпе, чтобы процесс урбанизации Китая продолжался.

Заключение

Строительство городских парков должно носить гарантированный характер. С быстрым развитием современных городов давление на людей, живущих в бетонных домах, увеличивается с каждым днем, и жители города долгое время пребывают в подавленном состоянии. Поэтому очевидно их стремление быть ближе к природе, и городские парки могут удовлетворить эту потребность [16–18].

Городские парки должны адаптироваться к рынку для достижения прибыли. Как вид социальной услуги, предоставляемой правительством, парки вызывают очень большой общественный интерес, но, опираясь лишь на поддержку правительства, будет трудно поддерживать их работу, и еще труднее продвигать строительство.

В ходе проведенного исследования выявлено, что городские парки – это комплексная форма зеленого пространства, которое используется для отдыха, развлечений и созерцания красоты природы. Они создаются для решения ряда проблем, вызванных быстрой урбанизацией, и являются неотъемлемым компонентом современных городов. Усиление работы по озеленению и благоустройству значительно улучшает местную экологическую среду. В рамках парка необходимо увеличивать места отдыха и предоставления услуг, что значительно обогатит общественное пространство. Стоит отметить, что многие исторические и культурные объекты, реликвии и старые деревья хорошо сохранились благодаря строительству парков, которые стали важными местами для ознакомления с данными объектами и их оценки. Типы городских парков становятся все более разнообразными, и, помимо исторических садов, различные типы городских парков были построены в городских центрах, вдоль улиц, рек, в жилых поселках и даже на пустырях, заброшенных землях и свалках. Городские парки играют незаменимую роль в удовлетворении растущих потребностей населения в отдыхе и занимают все более важное место в городском развитии.

С развитием социальной производительности труда уровень жизни людей становится все выше, увеличивается и их свободное время, но из-за быстрого темпа современной жизни люди находятся под постоянным давлением, и им крайне необходима возможность физического отдыха и обретения психического равновесия [19, 20]. Поэтому рекреационные мероприятия стали неотъемлемой частью современной жизни, и современные городские парки могут стать идеальным местом для проведения досуга людей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Brown G., Rhodes J., Dade M. An evaluation of participatory mapping methods to assess urban park benefits // Landsc. Urban Plan. 2018. Vol. 178. p. 18-31. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.018.

2. Jiang J. Systematic construction of parks in China based on the development of foreign parks // Architecture of Huazhong. 2018. № 26 (11). p. 159-163.

3. Jijun D., Yang X. City Park and public space of New York Central Park // Architecture of Shanxi. 2019. № 35 (034). p. 348-350.

4. Guo F., Wei C., Zhongmin S. The Distribution and Accessibility of Urban Parks in Beijing // China: Implications of Social Equity. Environmental Research and Public Health. 2019;16:1-14.

5. Li X. M., Liu C. F. Accessibility and service of Shenyang's urban parks by network analysis // Acta Ecologica Sinica. 2009. Vol. 29. p. 1554-1562.

6. Lu N., Li J. Y., Yan H. W., Shi T., Li Y. Analysis on accessibility of urban park green space: The case study of Shenyangn Tiexi District // Chin. J. Appl. Ecol. 2014. Vol. 25. p. 2951-2958.

7. Perry M. A., Devan H., Fitzgerald H., Han K., Liu L. T., Rouse J. Accessibility and usability of parks and playgrounds // Disabil. Health J. 2018. Vol. 11. p. 221-229. https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2017.08.011.

8. Wüstemann H., Kalisch D., Kolbe J. Access to urban green space and environmental inequalities in Germany // Landsc. Urban Plan. 2017. Vol. 164. p. 124-131. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.04.002.

9. Дмитрийчук Н. М., Денисова Ю. В. Проектирование городских парковых комплексов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 6.

С. 70–77. https://doi.org/10.34031/article_5d07a0f2693984.29257494.
10. Rigolon A., Browning M., Jennings V. Inequities in the quality of urban park systems: An environmental justice investigation of cities in the United States // Landsc. Urban Plan. 2018. Vol. 178. p. 156-169. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.026.
11. Tang Z. L., Gu S. An evaluation of social performance in the distribution of urban parks in the Central City of Shanghai: From social equity to social justice // Urban Plan. Forum. 2016. Vol. 227. p. 15-21.
12. Wang M., Zhu A. N., Wang J. Q., Lu T. F. Supply and demand analysis of urban park distribution based on social equity and justice: A case study of Xuhui District, Shanghai // Acta Ecol. Sin. 2019. Vol. 39. p. 7035-7046.
13. Силин Р. В., Касьянов В. Ф. Построение методики оценки качества городского парка в контексте проблемы обеспечения устойчивого развития городских поселений // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 6. С. 57–64. https://doi.org/10.12737/article_5b115a674daca3.39959922.
14. Мурзин А. Д. Экологический парк как инструмент обеспечения устойчивости городского пространства // Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3. № 4. С. 60–66.
15. Цурик Т. О. Современные тенденции и проблемы развития городских парков // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22. № 4 (79). С. 57–65. https://doi.org/10.21869/2223-1560-2018-22-4-57-65.
16. Pazhouhanfar M. Role of space qualities of urban parks on mood change // Psychol. Stud. 2018. Vol. 63. p. 25-31. https://doi.org/10.1007/s12646-017-0434-6.
17. Kim D., Jin J. Does happiness data say urban parks are worth it? // Landsc. Urban Plan. 2018. Vol. 178. p. 1-11. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.010.
18. Wen J. N., Yang Y. H., Jiang Y., Li L. G., Wang X. Y., Cui X. G. Analysis on equity of Ningxia's health resource allocation based on Gini coefficient and index of Dissimilarity // Chin. Health Econ. 2016. Vol. 35. p. 61-64.
19. Akpinar A., Barbosa-Leiker C., Brooks K.R. Does green space matter? Exploring relationships between green space type and health indicators // Urban Forestry and Urban Greening. 2016. Vol. 20. p. 407-418. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.013.
20. Richardson E. A, Pearce J., Mitchell R., Kingham S. Role of physical activity in the relationship between urban green space and health // Public Health. 2013. Vol. 127. p. 318-324. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2013.01.004.

REFERENCES

1. Brown G, Rhodes J, Dade M. An evaluation of participatory mapping methods to assess urban park benefits. *Landsc. Urban Plan*. 2018;178:18-31. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.018.
2. Jiang J. Systematic construction of parks in China based on the development of foreign parks. *Architecture of Huazhong*. 2018;26(11):159-163.
3. Jijun D, Yang X. City Park and public space of New York Central Park. *Architecture of Shanxi*. 2019;35(034):348-350.
4. Guo F, Wei C, Zhongmin S. The Distribution and Accessibility of Urban Parks in Beijing. *China: Implications of Social Equity. Environmental Research and Public Health*. 2019;16:1-14.
5. Li XM, Liu CF. Accessibility and service of Shenyang's urban parks by network analysis. *Acta Ecologica Sinica*. 2009;29:1554-1562.
6. Lu N, Li JY, Yan HW, Shi T, Li Y. Analysis on accessibility of urban park green space: The case study of Shenyangn Tiexi District. *Chin. J. Appl. Ecol*. 2014;25:2951-2958.
7. Perry MA, Devan H, Fitzgerald H, Han K, Liu LT, Rouse J. Accessibility and usability of parks and playgrounds. *Disabil. Health J*. 2018;11:221-229. https://doi.org/10.1016/j.dhjo.2017.08.011.
8. Wüstemann H, Kalisch D, Kolbe J. Access to urban green space and environmental inequalities in Germany. *Landsc. Urban Plan*. 2017;164:124-131. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.04.002.
9. Dmitriychuk NM, Denisova JV. The design of urban park systems. *Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*. 2019;6:70-77. https://doi.org/10.34031/article_5d07a0f2693984.29257494.
10. Rigolon A, Browning M, Jennings V. Inequities in the quality of urban park systems: An environmental justice investigation of cities in the United States. *Landsc. Urban Plan*. 2018;178:156-169. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.026.
11. Tang ZL, Gu S. An evaluation of social performance in the distribution of urban parks in the Central City of Shanghai: From social equity to social justice. *Urban Plan. Forum*.

2016;227:15-21.
12. Wang M, Zhu AN, Wang JQ, Lu TF. Supply and demand analysis of urban park distribution based on social equity and justice: A case study of Xuhui District, Shanghai. *Acta Ecol. Sin*. 2019;39:7035-7046.
13. Silin RV, Kas'yanov VF. The development of methodology for assessment of the quality of urban Park in the context of sustainable development of urban settlements. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhov = Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov*. 2018;6:57-64. (In Russ.). https://doi.org/10.12737/article_5b115a674daca3.39959922.
14. Murzin AD. Ecological Park as a tool for sustainability of urban space. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovanii = Economy and ecology of territorial formations*. 2019;3(4):60-66. (In Russ.).
15. Tsurik TO. Current trends and problems of development of city parks. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2018;22(4):57-65. (In Russ.). https://doi.org/10.21869/2223-1560-2018-22-4-57-65.
16. Pazhouhanfar M. Role of space qualities of urban parks on mood change. *Psychol. Stud*. 2018;63:25-31. https://doi.org/10.1007/s12646-017-0434-6.
17. Kim D, Jin J. Does happiness data say urban parks are worth it? *Landsc. Urban Plan*. 2018;178:1-11. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.010.
18. Wen JN, Yang YH, Jiang Y, Li LG, Wang XY, Cui XG. Analysis on equity of Ningxia's health resource allocation based on Gini coefficient and index of Dissimilarity. *Chin. Health Econ*. 2016;35:61-64.
19. Akpinar A, Barbosa-Leiker C, Brooks KR. Does green space matter? Exploring relationships between green space type and health indicators. *Urban Forestry and Urban Greening*. 2016;20:407-418. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.10.013.
20. Richardson EA, Pearce J, Mitchell R, Kingham S. Role of physical activity in the relationship between urban green space and health. *Public Health*. 2013;127:318-324. https://doi.org/10.1016/j.puhe.2013.01.004.

Информация об авторах

Хао Цзини,
аспирант кафедры архитектуры
и градостроительства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0167-9265

В. В. Козлов,
кандидат архитектуры,
профессор кафедры архитектуры
и градостроительства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0896-4149

Information about the authors

Hao Jing,
Postgraduate student of the Department
of Architecture and Urban Planning,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0167-9265

Valery V. Kozlov,
Cand. of Architecture,
Professor of the Department of Architecture
and Urban Planning,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0896-4149

Вклад авторов

Хао Цзини, Козлов В. В. имеют равные авторские права. Хао Цзини несет ответственность за плагиат.

Contribution of the authors

Hao Jing, Kozlov V. V. have equal author's rights. Hao Jing bears the responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 15.10.2021.
Одобрена после рецензирования 17.11.2021.
Принята к публикации 19.11.2021.

The article was submitted 15.10.2021.
Approved after reviewing 17.11.2021.
Accepted for publication 19.11.2021.

Научная статья
УДК 711.4.01
https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-770-785

Функционально-композиционные принципы и приемы для реализации туристического потенциала прибрежной улицы (на примере рабочего поселка Листвянка)

© Ксения Андреевна Хомут[1]✉, Виолетта Александровна Федяева[2], Наталия Владимировна Шестопалова[3]
[1,2,3]Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия
[1]khomut2000@mail.ru✉
[2]vely.1@mail.ru
[3]palchnb2009@yandex.ru

Аннотация. Цель работы – проанализировать сложившуюся застройку центральной улицы Горького, протянувшейся вдоль береговой линии рабочего поселка Листвянка, для выявления композиционно-художественных закономерностей и образного потенциала места, а также предложить методику системного упорядочения визуального восприятия и типологической целостности элементов уличного ряда. При работе над проектом использовались методики архитектурного обследования существующей застройки и проектирования, что предусматривает, в том числе, структурирование пространства сообразно определенным функциональным и композиционно-художественным закономерностям. Наличие данных закономерностей установлено на основании учебно-проектного анализа уличного ряда: в процессе практической систематизации морфотипов, существующих пространственных элементов, а также выполнения обмеров и фотофиксации фасадов зданий, образующих панораму застройки центральной улицы р. п. Листвянка. В работе предлагается системный взгляд на объемно-планировочное решение улицы Горького с учетом ее благоустройства как общественного пространства. В статье рассмотрены функционально-композиционные принципы и приемы для реализации туристического потенциала прибрежной улицы Листвянки. Определены основные композиционные составляющие. Предложены решения по созданию композиционно целостного уличного ряда в условиях уже сложившейся застройки. Уделено особое внимание структурированию пространства и формированию целостного архитектурно-художественного облика улицы. Проведенное в рамках курсового проектирования исследование позволило сформулировать рекомендации по благоустройству поселка, которые были представлены на обсуждение в администрацию Листвянского муниципального образования.

Ключевые слова: функционально-композиционные принципы, архитектурные акценты, прибрежная зона, композиционная целостность, реконструкция фасада

Для цитирования: Хомут К. А., Федяева В. А., Шестопалова Н. В. Функционально-композиционные принципы и приемы для реализации туристического потенциала прибрежной улицы (на примере рабочего поселка Листвянка) // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2021. Т. 11. № 4. С. 770–785. https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-770-785.

Original article

Functional-compositional principles and methods for fulfilling tourist potential of a coastal street (on an example of the Listvyanka work settlement)

Kseniya A. Khomut[1]✉, Violetta A. Fedyaeva[2], Nataliya V. Shestopalova[3]
[1,2,3]Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia
[1]khomut2000@mail.ru✉
[2]vely.1@mail.ru
[3]palchnb2009@yandex.ru

Abstract. To identify architectural-artistic characteristics and potential of a place, as well as to regulate the appearance and typological integrity of street elements, we analyse the current site development of

the Gorkii central street, spread along the coastline of the Listvyanka work settlement. The reseach relied on the methods of architectural surveying of the existing buildings and design, which, among other things, includes structuring the space following specific functional and compositional-artistic principles. These principles were established by an educational and design analysis of the street and included the hands-on systematisation of morphotypes, existing spatial elements, as well as surveys and photo fixation of building facades forming the panorama of central street development in the Listvyanka work settlement. The paper proposes a system view of the space planning decision of Gorkii Street, including its improvement as a public space. The functional-compositional principles and methods for fulfilling the tourist potential of a coastal street in Listvyanka are also discussed. The main compositional components are determined. The solutions for creating a compositionally integral street following the already established development are proposed. Particular attention is paid to structuring the space and forming an integral architectural and artistic appearance of the street. This study allowed the recommendations for improving the settlement to be formulated that were presented to the administration of the Listvyanska municipal formation.

Keywords: functional and compositional principles, architectural accents, coastal zone, compositional integrity, facade reconstruction

For citation: Khomut K. A., Fedyaeva V. A., Shestopalova N. V. Functional-compositional principles and methods for fulfilling tourist potential of a coastal street (on an example of the Listvyanka work settlement). *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2021;11(4):770-785. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2227-2917-2021-4-770-785.

Введение

Туризм в России является одним из самых приоритетных направлений развития экономики страны. В связи с этим основной стратегией развития Иркутского района, а именно его южной части – поселка Листвянка, является создание комфортных условий для туризма и отдыха как россиян, так и иностранцев. Поселок расположен на берегу озера Байкал у истока Ангары. По официальным данным, сюда в летний сезон приезжает ежедневно от 500 до 1000 туристов, а в отдельные дни число приезжих достигает 12 тыс. человек. Как правило, с береговыми территориями, обладающими таким потенциалом, связаны самые выразительные панорамы и контрастное сочетание различных функций [1]. По их состоянию можно судить о степени социальной ориентированности поселения.

Однако в настоящее время в Листвянке наблюдается незаконная и хаотичная застройка, обусловленная стремительно развивающимся туризмом, которая ведет к полному разрушению уникального архитектурно-ландшафтного облика поселка. В связи с этим актуальным становится вопрос формирования многофункциональной и композиционно-целостной прибрежной зоны. Решение этого вопроса является важнейшим фактором развития для рассматриваемой территории. На наш взгляд, это позволит упорядочить пространство, связать функцию и эстетику через определенные пространственно-композиционные закономерности.

Методы

Таким образом, мы намерены определить функционально-композиционные принципы, которые помогут преобразовать среду, сделать ее более комфортной в функциональном и эстетическом плане для туристического использования. В качестве предмета рассмотрения поставленных вопросов выбрана центральная улица поселка Листвянка. Улица Горького сложилась исторически вдоль береговой линии поселения [2].

В начале работы возникли два вопроса, которые требуют объяснения:

1. Как достичь художественной выразительности и целостности композиции уличного ряда в условиях уже сложившейся застройки.
2. Как сложившуюся функциональную структуру сделать более логичной.

В процессе работы был выполнен ландшафтно-визуальный анализ территории поселка Листвянка и создано несколько концептуальных предложений, которые мы хотим представить.

Градостроительный анализ объекта определил важные композиционные составляющие[1], перечисленные ниже.

[1]Иконников А. В., Степанов Г. П. Основы архитектурной композиции: учеб. пособ. М.: Искусство, 1971. 225 с.

Доминанты – господствующие элементы в архитектурной композиции, которые контрастно отличаются от окружения многими своими параметрами, такими как форма, цвет, размер. Так как отличия довольно сильны, в результате на доминантном объекте фиксируется внимание пешеходов.

Архитектурные акценты – это элементы или определенные части композиции, выделяющиеся среди других за счет отдельных изобразительных характеристик.

«Силуэт» – это застройка, воспринимаемая обобщенно массой, и граница (тонкая силуэтная линия) между этим объемом и окружением. Силуэтные линии не одинаковы на всем протяжении фасадной плоскости. Иногда они выстраиваются в сложную многоплановую ступенчатую композицию. Чтобы выделить главные силуэтные линии улицы стоит обратить внимание на фон. *Фон* позволит выделить «ритмику звучания» элементов улицы (объем, колорит, материал). Все эти элементы составляют общую картину среды.

Контраст и нюанс. Контраст – это выражение различных свойств форм, доведенное до противоположности. Любое противопоставление делает форму более заметной. Использование определенных контрастов и нюансов в силуэтной линии позволит раскрыть соответствующую реакцию восприятия.

На наш взгляд, при обеспечении композиционной целостности уличного ряда необходимо выполнение ряда задач, которые связаны с организацией непосредственно воспринимаемых элементов застройки. При этом нужно обратить внимание не столько на формирование отдельного здания и его элементов, сколько на архитектурные комплексы, ансамбль в целом, где существенными становятся взаимоотношения различных зданий, отношения крупных фрагментов фасадов и их элементов между собой с элементами природного окружения [3, 4].

Художественная выразительность и целостность композиции в условиях уже сложившейся застройки может быть достигнута [5]:

– при использовании возвышенных участков рельефа и изгибов рек для расположения наиболее крупных зданий, а в нашем случае еще и перекрестков ответвляющихся (отходящих) улиц, углубляющихся в распадки рельефа местности. В результате они становятся доминирующими точками местности;

– использовании планировочных приемов, с помощью которых вносится определенная ритмичность. В существующей линейной застройке акцентам как композиционным центрам должна быть отведена роль притяжения зрительского внимания к процессу жизнедеятельности, происходящему в данном пространстве. Акценты, соединяясь в единую ритмичную повторяемость, должны обеспечить композиционное единство уличного ряда. Т.е. подчиненность общей композиционной идее должна просматриваться очевидно;

– соблюдении принципа соподчиненности, то есть выделения главных улиц и второстепенных, им подчиняющихся. Улица Горького на всем своем протяжении должна выделяться по ширине, застройке и благоустройству. В таком случае она станет композиционной осью и особенно эффективно будет выполнять свою роль при наличии более выразительных по архитектуре зданий, элементов озеленения и объектов информации, составляющих единое целое с внутренним пространством уличного ряда и с окружающей средой. При ответе на вопрос о том, как сделать сложившуюся функциональную структуру более логичной, сначала необходимо определить функции, сконцентрированные вдоль рассматриваемой улицы. Для этого представим ее в виде панорам, на которых будет просматриваться каждый ее фрагмент (рис. 1–11).

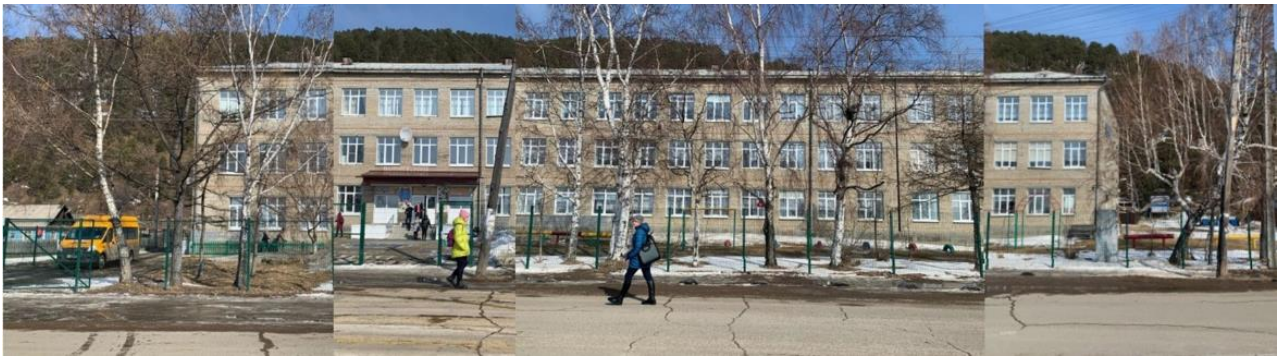


Рис. 1. Общеобразовательная школа, ул. Горького, 93
Fig. 1. Secondary school, Gorky St., 93

Рис. 2. Отель «Прибой», ул. Горького, 101
Fig. 2. Hotel "Priboy", Gorky St., 101

Рис. 3. Нерпинарий, ул. Горького, 101а
Fig. 3. Nerpinary, Gorky St., 101а

Рис. 4. Малоэтажный жилой дом, ул. Горького, 103
Fig. 4. Low-rise residential building, Gorky St., 103

Рис. 5. Гостиница «Мечта Байкала» и торговые павильоны, ул. Горького, 105 (мост)
Fig. 5. Hotel "Dream of Baikal" and trade pavilions, Gorky St., 105 (bridge)

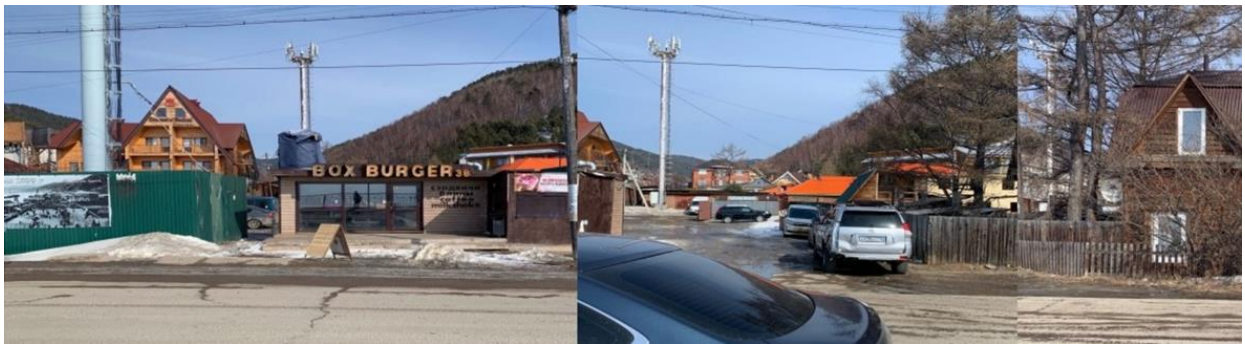


Рис. 6. Кафе *Box Burger*, ул. Горького, 107а
Fig. 6. Box Burger cafe, Gorky St., 107а

Рис. 7. Административное здание, магазин «Колос», кафе «Теремок», ул. Горького, 109
Fig. 7. Administrative building, shop "Kolos", cafe "Teremok", Gorky St., 109

Рис. 8. Торговая площадь, сувенирная ярмарка, ул. Горького, 111/1
Fig. 8. Trade area, souvenir fair, Gorky St., 111/1

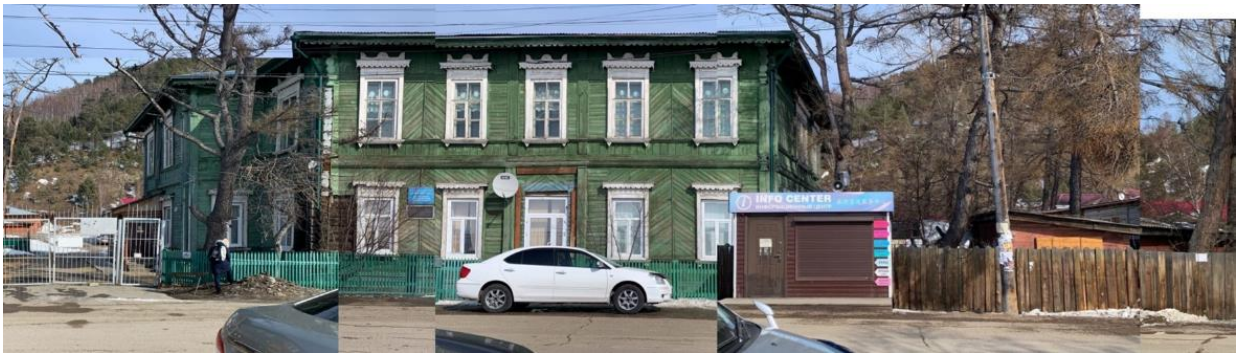


Рис. 9. Административное здание, инфо-центр, ул. Горького, 113
Fig. 9. Administrative building, info center, Gorky St., 113

Рис. 10. Кафе «Берег», торговый павильон, инфо-центр, ул. Горького, 115
Fig. 10. Cafe "Bereg", trade pavilion, info-center, Gorky St., 115

Рис. 11. Малоэтажный жилой дом, ул. Горького, 121
Fig. 11. Low-rise residential building, Gorky St., 121

В ходе анализа данных панорам можно выделить несколько форм функционирования: жилые зоны (в том числе гостиницы), торговля (в том числе нестационарные объекты), объекты административного назначения, общепит, учебные заведения, объекты развлекательной инфраструктуры, объекты информации. В границах улицы Горького, помимо перечисленных функций, имеются еще и духовные (храмы и сакральные пространства: мемориальные, памятные места). Эта улица является центром поселения и местом наибольшего социального притяжения жителей и туристов. Однако в настоящее время она обладает рядом проблем, ведущих к разрушению ее архитектурно-ландшафтного облика. Их наличие очевидно, исходя из данных проведенного учебно-проектного анализа улицы Горького (рис. 12–20):

1. Недостаточное количество парковочных мест.
2. Отсутствие тротуаров.
3. Хаотичная застройка, выступающие элементы фасадов зданий.
4. Избыток баннеров, вывесок, рекламы, мешающих эстетическому восприятию внешнего облика улицы.
5. Дефицит озелененных территорий.

Рис. 12. Отсутствие парковочных мест и тротуара
Fig. 12. Lack of parking spaces and sidewalk

Рис. 13. Отсутствие парковочных мест и тротуара, ул. Горького, 9а, 9
Fig. 13. Lack of parking spaces and sidewalk, Gorky St., 9a, 9

Рис. 14. Отсутствие тротуаров, ул. Горького, 2/1
Fig. 14. Lack of sidewalks, Gorky St., 2/1

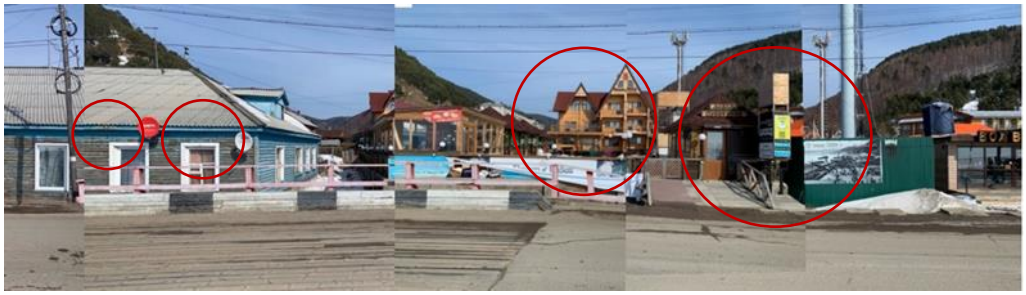


Рис. 15. Хаотичная застройка, элементы на фасаде здания (спутниковые антенны, плакаты)
Fig. 15. Chaotic buildings, elements on the facade of the building (satellite dishes, posters)

Рис. 16. Хаотичная застройка, элементы, мешающие восприятию целостного образа
Fig. 16. Chaotic buildings, elements that interfere with the perception of a holistic image

Рис. 17. Многочисленные вывески на ограниченной площади, гостевой двор «Малиновка»
Fig. 17. Numerous signs on a limited area, the guest yard "Malinovka"

Рис. 18. Самостоятельные надстройки, многочисленные вывески, ул. Горького, 59а, 59б
Fig. 18. Independent superstructures, numerous signs, Gorky St., 59a, 59b

Рис. 19. Дефицит озелененных территорий, ул. Горького, 85а
Fig. 19. Lack of green areas, Gorky St., 85a

Рис. 20. Малое количество зеленых насаждений, общеобразовательная школа, ул. Горького, 93
Fig. 20. A small number of green spaces, a comprehensive school, Gorky St., 93

Результаты и их обсуждение

Учитывая особенности исследуемой территории Листвянки, а именно ул. Горького, мы хотим уделить особое внимание структурированию пространства и формированию целостного архитектурно-художественного облика улицы. Это позволит преобразовать среду, сделать ее более комфортной в функциональном и эстетическом плане для туристического использования [6–8].

Одной из основных задач является благоустройство проезжей части и обеспечение территории достаточным количеством парковочных мест. На данный момент в прибреж-

ной зоне поселка большинство транспортных средств располагаются на обочинах и непосредственно на проезжей части, что препятствует движению как туристов, так и автомобилей и является причиной ДТП. К тому же здесь находится большое количество незадействованных пустырей, которые нарушают облик улицы (рис. 21). Мы предлагаем использовать их под парковки для личного транспорта и остановки для туристических автобусов (рис. 22). Также необходимо обеспечить проезжую часть пешеходными переходами, тротуарами с ограждениями и с соответствующим функции освещением (рис. 23–25). Такой подход решит сразу две задачи и обеспечит комфортное и безопасное передвижение пешеходов и транспортных средств [9, 10].

Рис. 21. Участок по ул. Суворова, 2 (пустырь, хозяйственная площадка, земельный участок под индивидуальное жилищное строительство)
Fig. 21. Plot on the Suvorova St., 2 (wasteland, utility site, land plot for individual housing construction)

Рис. 22. Примеры решения парковочных мест (аналоги)
Fig. 22. Examples of solutions for parking spaces (analogs)

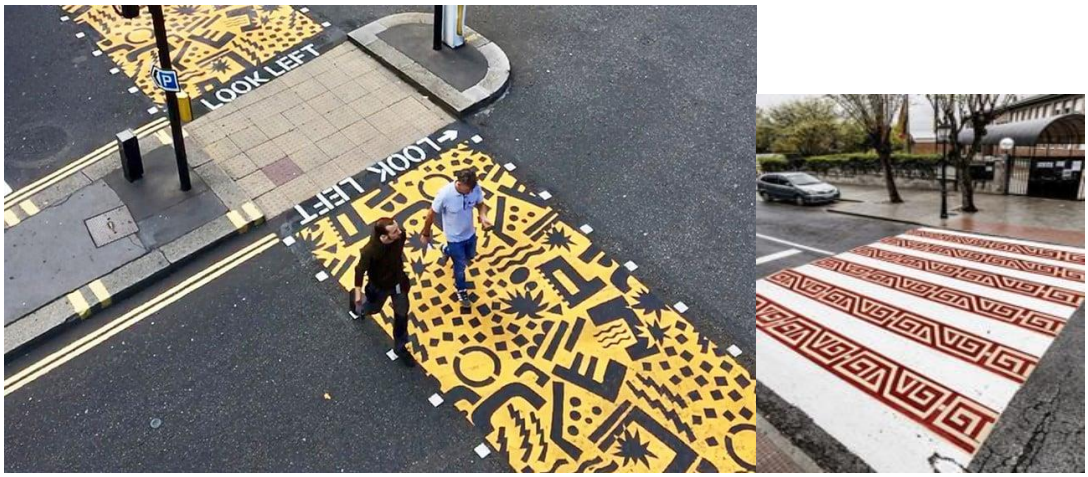


Рис. 23. Примеры пешеходных переходов (аналоги)
Fig. 23. Examples of pedestrian crossings (analogs)

Рис. 24. Тротуары и пешеходные зоны с ограждениями (аналоги)
Fig. 24. Sidewalks and pedestrian areas with fences (analogs)

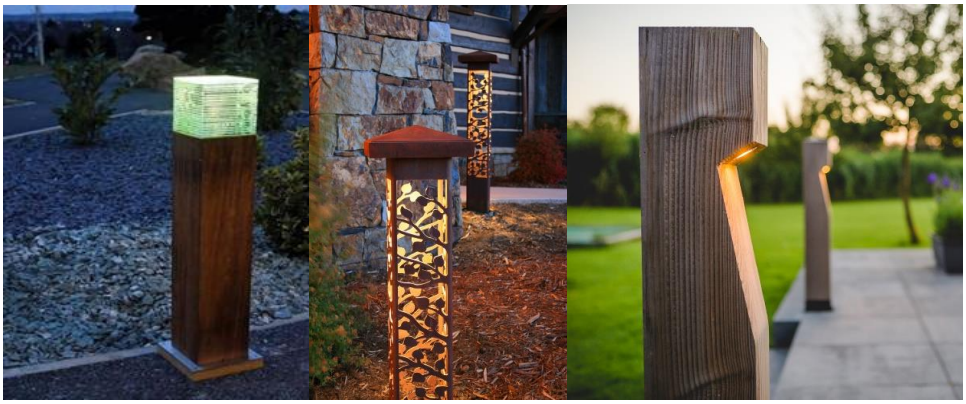


Рис. 25. Функциональное освещение пешеходных зон (аналоги)
Fig. 25. Functional lighting of pedestrian areas (analogs)

Для повышения эстетического уровня территории предлагаем провести реконструкцию фасадов. Это поможет избавить улицу от визуального «шума», который создают многочисленные элементы телекоммуникационных сетей, отдельные части фасадов и самих зданий, хаотичные надстройки и т.п. Для этого необходимо обеспечить приведение фасадов зданий к общему композиционно-стилистическому решению (рис. 26), что включает следующие мероприятия:

1. Удаление телевизионных тарелок, различных коммуникаций и т.п. с лицевых фасадов зданий с целью придания «визуальной чистоты».
2. Замена профилированного листа на качественный эстетичный материал.
3. Исключение баннерной ткани из использования в вывесках и рекламе.
4. Покраска фасадов с учетом общего колористического решения.
5. Приведение торцевой части зданий к общему решению.
6. Замена цветового решения кровель.

Рис. 26. Общее решение фасадов здания
Fig. 26. General solution of building facades

Другая важная задача благоустройства – решить проблему «визуального шума», вызванного хаотичным размещением вывесок, наружной рекламы, нестационарных объектов, отсутствием единого стиля элементов благоустройства и навигации, единого подхода к их размещению.

Вывески, баннеры, элементы навигации требуют единого стилистического оформления. В условиях уличного ряда они играют роль акцентов, поэтому должны выделяться композиционно или стилистически на фоне других элементов фасада [11]. Также хотим отметить, что необходимо придерживаться единой цветовой гаммы, шрифта, размера, так как подчиненность общей композиционной идее должна просматриваться очевидно [12] (рис. 27, 28).

Рис. 27. Единое стилистическое решение для элементов навигации (аналоги)
Fig. 27. Unified stylistic solution for navigation elements (analogs)

На фрагменте уличного ряда наблюдается хаотичное размещение зданий без единого колористического решения. Одним из способов исправления данной ситуации является выбор единого цветового решения для каждой из форм функционирования. Рассмотрим это на примере жилых зон. Композиционная задача жилых фрагментов застройки – как правило, служить нейтральным фоном для объектов общественного назначения, поэтому их цветовое решение должно достаточно явно отображать данный композиционный замысел.

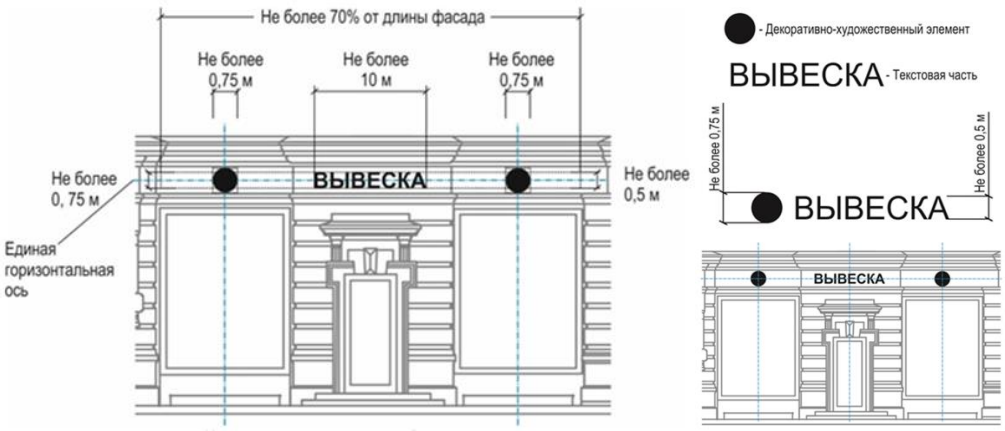


Рис. 28. Требования к размещению объектов информации[2]
Fig. 28. Requirements for the placement of information objects

Нам кажется, что жилые здания должны иметь наиболее естественный вид, близкий по восприятию к природному окружению, поэтому мы предлагаем использовать коричневые оттенки (рис. 29).

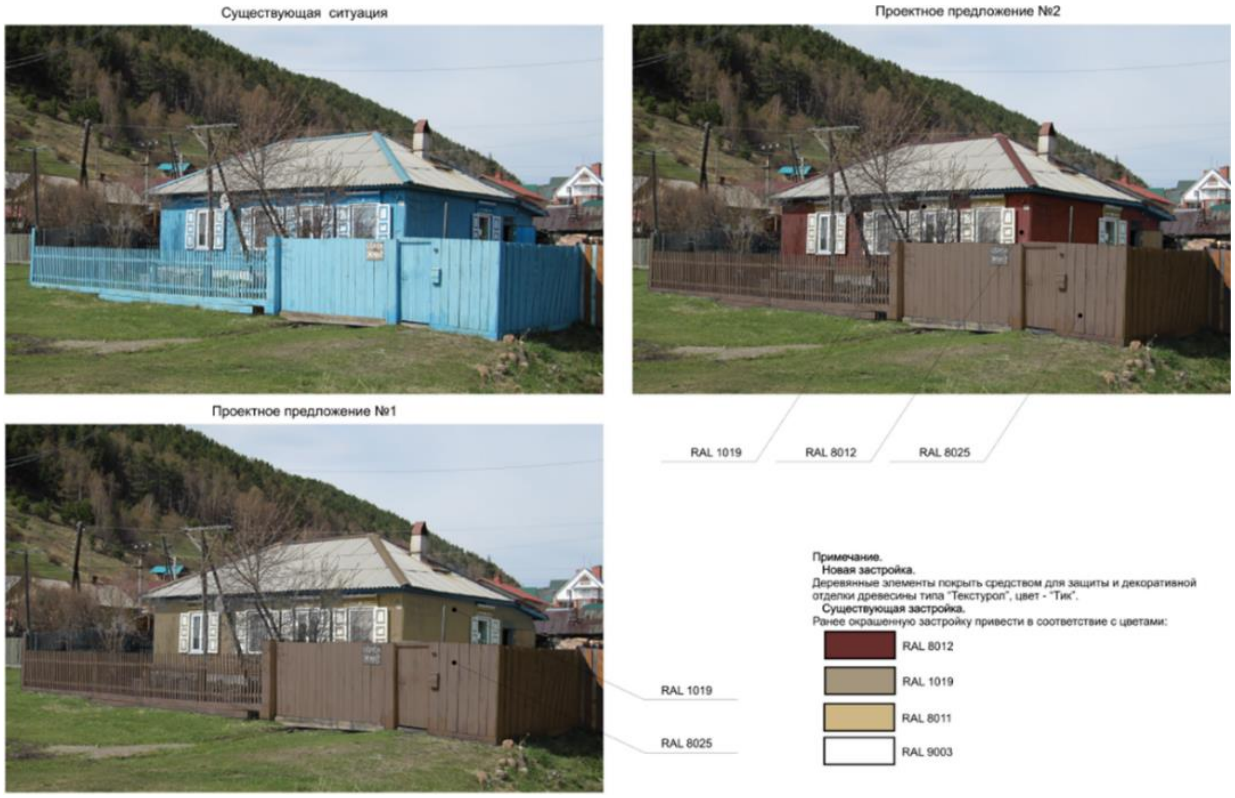


Рис. 29. Требования к фасадам жилых зданий (проектное предложение)
Fig. 29. Requirements for the facades of residential buildings (project proposal)

Для зданий и сооружений с торговой и развлекательной функцией рекомендуем применить более контрастное сочетание – оттенки бордового и горчичного (рис. 30, 31). Такое

[2]Об утверждении административного регламента предоставления муниципальной услуги "Согласование паспорта фасадов зданий на территории города Иркутска" (с изменениями на 22 мая 2020 года) (в ред. Постановлений администрации г. Иркутска от 08.10.2019 N 031-06-778/9, от 22.05.2020 N 031-06-284/0): постановление администрации города Иркутска от 2 апреля 2019 года N 031-06-235/9 [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/553237510 (10.09.2021).

сочетание выгодно подчеркнет данные формы функционирования на фоне остальных. К тому же торговые точки, в случае с поселком Листвянка, господствуют в окружающей застройке, формируют композиционную систему и играют активную градоформирующую роль, поэтому данное цветовое решение мы считаем обоснованным[3].

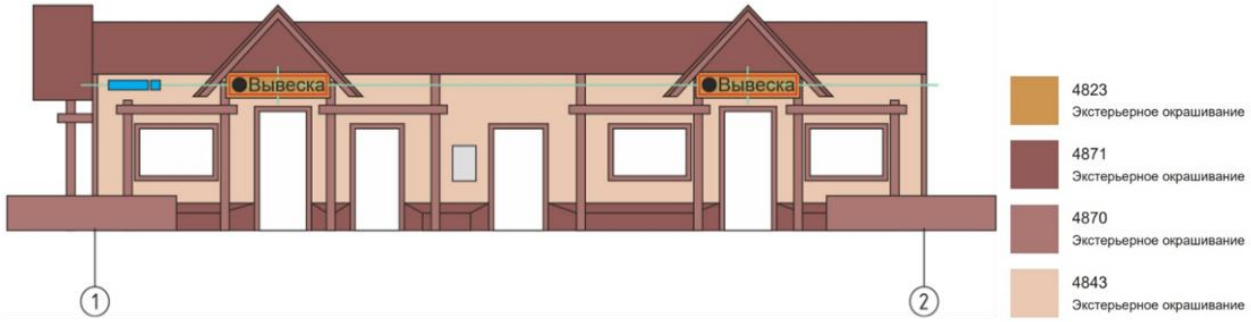


Рис. 30. Архитектурно-колористическое оформление магазина (проектное предложение)
Fig. 30. Architectural and coloristic design of the store (project proposal)

Рис. 31. Архитектурно-колористическое оформление участка от ул. Горького, 93 до ул. Горького, 105 (проектное предложение)
Fig. 30. Architectural and coloristic design of the site from the Gorky St., 93 to Gorky St., 105 (project proposal)

Так как данная территория имеет уникальную природную составляющую, озеленение играет большую роль в формировании уличного ряда. В настоящее время наблюдается слишком плотная застройка, множество заасфальтированных участков, значительное количество дорожно-транспортных коммуникаций, что приводит к сокращению зеленых насаждений и уничтожению газонов. Отсутствие достаточного количества зеленых насаждений портит внешний вид прибрежной зоны. Эстетическая роль зеленых насаждений – это облагораживание внешнего облика территории Листвянки, положительное влияние на психологическое состояние человека.

Кроме эстетической, озеленение играет также и экологическую роль. Она заключается в поглощении из атмосферы вредных веществ (углекислый газ, пыль) и очищении воздуха, также растения вырабатывают кислород. Зеленые насаждения образуют единый микроклимат, приближая условия среды к оптимальным.

Мы считаем необходимым введение зеленых насаждений в архитектурно-планировочную структуру улицы (рис. 32). Они должны составлять единую композицию, состоящую из лесных и парковых массивов в сочетании с открытыми пространствами. Прежде всего необходимо использовать участки, малопригодные под застройку. Включая декоративное озеленение в композиционный ряд, можно создать множество цветовых оттенков, изменяющихся в разные времена года, это послужит дополнительными эффектами в формировании пластики и ритмики фасада улицы.

[3]Гармония цвета. Практический каталог расширенных цветовых гамм с расшифровкой всех оттенков по системе CMYK. М.: АСТ, Мн.: Харвест, 2005. 320 с.

Рис. 32. Элементы озеленения (аналоги)
Fig. 32. Gardening elements (analogs)

Также стоить обратить внимание на обеспечение благоустройства пустующих улиц Листвянки, чтобы организовать на них активную общественную жизнь.

Заключение

Результатом исследования поставленных задач явились концептуальные предложения, которые были предоставлены на рассмотрение в администрацию р.п. Листвянка. В ходе аналитического исследования был решен ряд вопросов – достижение художественной выразительности и композиционной целостности уличного ряда, упорядочение логики функциональной структуры. Основным средством достижения поставленных задач видится применение методов: организации пространства с учетом средств композиции; благоустройства территории посредством оснащения улицы парковками и остановками, пешеходными переходами и тротуарами, функциональным освещением; приведения фасадов зданий к целостному виду; приведения вывесок, баннеров и элементов навигации к единым цветовому и стилистическому решениям; введения зеленых насаждений в архитектурно-планировочную структуру улицы. Данные решения позволят гармонизировать пространство и сделать его более логичным и инвестиционно привлекательным.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ноздрачева П. Акватории и их роль в формировании новой городской среды // Архитектура. Строительство. Дизайн. 2002. № 4 (32). С. 46–49.
2. Кравкль Е. Листвянка – ворота Байкала. Краеведческий очерк и путеводитель по поселку и его окрестностям. Алтай, 2013. 90 с.
3. Михайлов С. М., Михайлова А. С., Надыршин Н. М. Дизайн города: основные этапы исторического развития // Вестник ОГУ. 2014. № 5 (166). С. 4–9.
4. Моргун Н. А., Резницкая Л. М., Скопинцев А. В. Архитектурная сценография городской среды – как проектная стратегия реконструкции исторического центра города и фактор укрепления его туристического имиджа [Электронный ресурс]. URL: https://archrus.ru/Activities/Statqi/Arxitekturnaja-scenografija-gorodskoj-sredy (24.09.2021).
5. Белоусов В. Н., Кулага Л. Н., Лавров В. А., Смоляр И. М., Гозак А. П., Сейтхалилов Л. И. и др. Основы формирования архитектурно-художественного облика городов / под ред. В. Н. Белоусова и Л. Н. Кулаги. М.: Стройиздат, 1981. 192 с.
6. Гетмаченко О. В., Вяткина Б. М. Роль городского дизайна и малых архитектурных форм в развитии туристической индустрии // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. № 5 (10). С. 103–112.
7. Лункарь И. Е. Концепция построения архитектурно-пространственной среды туристских дестинаций // Вестник РМАТ. 2014. № 2. С. 108–116.
8. Павлинова С. Н., Казакова Д. В. Концепция развития туристической инфраструктуры на основе архитектурно-планировочной структуры города (на примере рабочего поселка Мокшан Пензенской области) // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 5 [Электронный ресурс]. URL: https://web.snauka.ru/issues/2016/05/67333 (12.10.2021).
9. Белов М. И., Михайлов С. М. Принципы организации предметно-пространственной среды пешеходных улиц (1960-1980-е гг.) // Мир науки, культуры, образования. 2010. № 6-2 (25). С. 80–83.
10. Преловская Е. С. Концепция комфортной улицы // Известия вузов. Инвестиции. Строи-

тельство. Недвижимость. 2014. № 5 (10). С. 118–127.
11. Ашихмин А. В., Смольков С. А., Хохрин Е. В. Сохранение архитектурного облика города при размещении рекламно-информационных объектов (на примере исторического центра г. Иркутска): монография. Иваново: Научный мир, 2018. 187 с. https://doi.org/10.21893/978-5-6041451-3-5.0.
12. Семенова Т. С. Цвет в городе: монография. М.: Tikkurila Paints Oy, 2007. 120 с.

REFERENCES

1. Nozdracheva P. Water areas and their role in the formation of a new urban environment. *Arkhitektura. Stroitel'stvo. Dizain*. 2002;4(32): 46-49. (In Russ.).
2. Kravkl' E. Listvyanka is the gateway to Lake Baikal. A study of local lore and a guide to the village and its environs. Altai, 2013. 90 p. (In Russ.).
3. Mikhailov SM, Mikhailova AS, Nadyrshin NM. City design: the main stages of historical development. *Vestnik OGU = Vestnik of the Orenburg State University*. 2014;5(166):4-9. (In Russ.).
4. Morgun NA, Reznitskaya LM, Skopintsev AV. Architectural scenography of the urban environment as a project strategy for the reconstruction of the historical center of the city and a factor in strengthening its tourist image. Available from: https://archrus.ru/Activities/Statqi/Arxitekturnaja-scenografija-gorodskoj-sredy [Accessed 24th September 2021].
5. Belousov VN, Kulaga LN, Lavrov VA, Smolyar IM, Gozak AP, Seitkhalilov LI, et al. Fundamentals of the formation of the architectural and artistic appearance of cities. Moscow: Stroiizdat; 1981. 192 p. (In Russ.).
6. Getmachenko OV, Vyatkina BM. The role of city design and small architecture forms in the development of tourist industry. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2014;5(10):103-112. (In Russ.).
7. Lunkar' IE. The concept of building the architectural and spatial environment of tourist destinations. *Vestnik RMAT*. 2014;2:108-116. (In Russ.).
8. Pavlinova SN, Kazakova DV. Concept development of tourist infrastructure based on the architectural and planning structure of the city (for example, the town Mokshan Penza region). *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii = Modern scientific researches and innovations*. 2016. № 5. Available from: https://web.snauka.ru/issues/2016/05/67333 [Accessed 12 October 2021].
9. Belov MI, Mikhailov SM. Principles of subject-spatial medium pedestrian street (1960-1980-ies.). *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2010; 6-2(25):80-83. (In Russ.).
10. Prelovskaya ES. Concept of a comfortable street. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2014;5(10):118-127. (In Russ.).
11. Ashikhmin AV, Smol'kov SA, Khokhrin EV. Preservation of the architectural appearance of the city when placing advertising and information objects (on the example of the historical center of Irkutsk): monograph. Ivanovo: Nauchnyi mir; 2018. 188 p. https://doi.org/10.21893/978-5-6041451-3-5.0. (In Russ.).
12. Semenova TS. Color in the city: a monograph. Moscow: Tikkurila Paints Oy; 2007. 120 p.

Информация об авторах

К. А. Хомут,
студентка,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9899-1628

В. А. Федяева,
студентка,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0692-4250

Information about the authors

Kseniya A. Khomut,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9899-1628

Violetta A. Fedyaeva,
Student,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0692-4250

Н. В. Шестопалова,
доцент кафедры архитектуры
и градостроительства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Россия,
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0003-0099-8256

Nataliya V. Shestopalova,
Associate Professor of the Department
of Architecture and Urban Planning,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0003-0099-8256

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Статья поступила в редакцию 01.11.2021.
Одобрена после рецензирования 26.11.2021.
Принята к публикации 29.11.2021.

The article was submitted 01.11.2021.
Approved after reviewing 26.11.2021.
Accepted for publication 29.11.2021.

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей, читателей и сообщаем требования к статьям, принимаемым к публикации.

Журнал «Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость» публикует научные статьи и обзоры российских и зарубежных ученых, в том числе докторантов и аспирантов, содержащие новые результаты научных исследований.

Тематический охват соответствует утвержденной номенклатуре научных специальностей:

из отрасли 05.00.00 Технические науки:

Группа специальностей **05.23.00 Строительство и архитектура (ВАК):**

- 05.23.01 Строительные конструкции, здания и сооружения
- 05.23.02 Основания и фундаменты, подземные сооружения
- 05.23.03 Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение
- 05.23.04 Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов
- 05.23.05 Строительные материалы и изделия
- 05.23.07 Гидротехническое строительство
- 05.23.08 Технология и организация строительства
- 05.23.11 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей
- 05.23.16 Гидравлика и инженерная гидрология
- 05.23.17 Строительная механика
- 05.23.19 Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства
- 05.23.20 Теория и история архитектуры, реставрация и реконструкция историко-архитектурного наследия
- 05.23.21 Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности
- 05.23.22 Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

из отрасли 08.00.00 Экономические науки:

Специальность **08.00.05 Экономика и управление народным хозяйством: экономика, организация, управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство), управление инновациями, региональная экономика (РИНЦ).**

Представляемая в журнал работа должна быть законченным научным исследованием и содержать новые научные результаты, нигде ранее не публиковавшиеся и не представленные к публикации в других изданиях.

Статьи должны быть выполнены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Рукопись, присылаемая в редакцию, должна соответствовать тематике журнала и требованиям редакции к оформлению рукописей.

1. Материалы, представляемые авторами в редакцию:

- Статья в печатном виде и идентичном варианте в электронной форме (с расширением *.doc и *.pdf);
- Иллюстрации к статье (рисунки, графики и т.д.) в электронном виде (в формате jpg);
- Авторское заявление;
- Сопроводительное письмо;
- Договор;
- Экспертное заключение.

2. Рукопись должна быть построена следующим образом:

- **Шифр УДК;**
- **Название статьи;**
- **Информация об авторах:** фамилия, имя, отчество; название учреждения;
- **Реферат (аннотация)** – количество слов – 200;
- **Ключевые слова** – (4–6);
- **Библиографические ссылки** должны быть соответственно оформлены:

1 вариант: *Библиографический список* – приводится русскоязычный вариант вместе с зарубежными источниками. Оформляется согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов». Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

*2 вариант: References (*для зарубежных баз данных) – приводится полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, то они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите.

В статье должны быть ссылки на иностранные источники, изданные не ранее, чем за последние 5 лет, свидетельствующие о том, что автором изучен вклад ученых разных стран в исследование проблемы.

- **Критерии авторства, конфликт интересов;**
- **Сведения об авторах:** фамилия, имя, отчество (полностью); ученая степень, звание и должность; название учреждения, его адрес с индексом; e-mail; ORCID.
- **Название рубрики**, в которой должна быть размещена статья.

3. Рекомендации по набору и оформлению текста

Параметры страницы и абзаца: отступы сверху и снизу – 2 см; слева и справа – 2 см; табуляция – 0,6 см; ориентация – книжная;

Шрифт – Arial, размер – 10, межстрочный интервал – одинарный, перенос слов – автоматический.

При вставке формул использовать *Microsoft Equation* 3 при установках: элементы формулы выполняются − курсивом; для греческих букв и символов назначать шрифт Symbol, для остальных элементов – Arial.

Размер символов: обычный – 12 пт, крупный индекс – 7 пт, мелкий индекс – 5 пт, крупный символ – 18 пт, мелкий символ – 12 пт. Все экспликации элементов формул необходимо также выполнять в виде формул.

Рисунки, вставленные в текст, должны быть выполнены с разрешением 300 dpi, B&W – для черно-белых иллюстраций, Grayscale – для полутонов, максимальный размер рисунка с надписью: ширина 170 мм, высота 245 мм. Рисунки должны быть представлены в виде файла с расширением *.BMP, *.TIFF, *.JPG, должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Схемы, графики выполняются во встроенной программе MS Word или в MS Exsel, с приложением файлов.

Для построения графиков и диаграмм следует использовать программу *Microsoft Office Excel*. Каждый рисунок вставляется в текст как объект *Microsoft Office Excel*.

Внимание! Публикация статьи является бесплатной.

Статьи направляются в редакцию журнала по электронной почте izv_isn@istu.edu. Рукописи статей и оригиналы всех необходимых документов предоставляются по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, редакционный отдел, ауд. Д-215, Никишиной О.В.

Телефон: (3952) 40-56-11, с.т.: 8 964 656 46 70 – Никишина Ольга Валерьевна, ответственный за выпуск,

(3952) 40-54-92– Герасимова Юлия Александровна, редактор.

ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ
ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО. НЕДВИЖИМОСТЬ

Научный журнал ***12+***

Том 11 № 4 (39)

Главный редактор В. В. Пешков
Ответственный за выпуск О. В. Никишина
Дизайн и макет издания Е. В. Хохрина
Перевод Томаса Бивитта, О. В. Никишиной
Верстка О. В. Никишиной
Редактор Ю. А. Герасимова

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство ПИ № ФС77-62787 от 18 августа 2015 г.

Выход в свет 29.12.2021. Формат 60 x 90 / 8 (А4).
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 24,75.
Тираж 500 экз. Зак. 193. Поз. плана 6н.

Издание распространяется бесплатно

ФГБОУ ВО “Иркутский национальный исследовательский технический университет”
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Отпечатано в типографии Издательства
ФГБОУ ВО “Иркутский национальный исследовательский технический университет”
Адрес типографии: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 81/12а