

БИОСФЕРНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ:

ЧЕЛОВЕК, РЕГИОН,
ТЕХНОЛОГИИ

№ 3(47), 2024





16+



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Научно-технический журнал
Издается с 2013 года.

Выходит четыре раза в год.

№3 (47), 2024

Дата выхода в свет
30.09.2024

Главный редактор **Ильичев В.А.**
акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Заместители главного редактора:
Егорушкин В.А. канд. с.-х. наук, доц.
Колчунов В.И. акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Волличенко О.В. советник РААСН, д-р арх., проф.

Редколлегия

Азаров В.Н. д-р техн. наук, проф.
Акимкин Е.М. канд. социол. наук
Алексашина В.В. д-р архитектуры, проф.
Асеева И.А. д-р филос. наук, проф.
Бакаева Н.В. советник РААСН, д-р техн. наук, проф.
Бок Т. д-р техн. наук, проф. (Германия)
Брандль Х. д-р техн. наук, проф. (Австрия)
Бредихин В.В. д-р экон. наук, доц.
Булгаков А.Г. д-р техн. наук, проф.
Ван-дер Ю. д-р техн. наук, проф. (Тайвань)
Волков А.А. чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Гордон В.А. д-р техн. наук, проф.
Данилина Н.В. д-р техн. наук, чл.-кор. РААСН
Ежов В.С. д-р техн. наук, проф.
Емельянов С.Г. чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Казарян А.Ю. д-р иск., акад. РААСН
Леденев В.И. д-р техн. наук, проф.
Лисеев И.К. д-р филос. наук, проф.
Неделин В.М. проф.
Николов Н.Д. иностранный член РААСН, д-р техн. наук, проф. (Болгария)
Осипов В.И. акад. РАН, д-р техн. наук, проф.
Пилипенко О.В. д-р техн. наук, проф.
Теличенко В.И. акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Тур В.В. д-р техн. наук, проф. (Белоруссия)
Умнякова Н.П. д-р тех. наук, проф.
Федоров В.С. акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Федорова Н.В. д-р техн. наук, проф.
Шах Р. д-р техн. наук, проф. (Германия)
Шубенков М.В. акад. РААСН, д-р архитектуры, проф.
Шубин И.Л. чл.-кор. РААСН, д-р техн. наук, проф.
Ответственный за выпуск **Коробейникова А.Е.**
канд. техн. наук

Адрес редакции и издателя

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
Московский государственный строительный
университет». Издательство МИСИ – МГСУ
129337, Москва, Ярославское ш., д. 26.
Сайт: www.mgsu.ru
E-mail: journals@mgsu.ru

Подписной индекс **94005** по объединенному каталогу «Пресса России»
Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство **ПИ № ФС77-56639**

© ЮЗГУ, 2024

© БГИТУ, 2024

© НИИСФ РААСН, 2024

© НИУ МГСУ, 2024

© ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», 2024

БИОСФЕРНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ: ЧЕЛОВЕК, РЕГИОН, ТЕХНОЛОГИИ

Учредители

ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет» (БГИТУ), г. Брянск

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ), г. Курск

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

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский и проектный институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации», г. Москва

Журнал включен в перечень ведущих научных журналов и изданий ВАК при Минобрнауки России по группе научных специальностей 2.1 – Строительство и архитектура: 2.1.4, 2.1.7, 2.1.12, 2.1.13

СОДЕРЖАНИЕ

Итоги Круглого стола «Биосфера и Город», проводимого в рамках II Международного научно-практического симпозиума «Будущее строительной отрасли: вызовы и перспективы развития» 2

Вопросы теории биосферной совместимости городов и поселений

Колин К.К. Информационные аспекты проблемы биосферной совместимости человека и новой среды его обитания 6

Градоустройство и архитектура

Лептихова О.Ю. Оптимизация межевания жилых элементов планировочной структуры (расчетно-графический этап) 13
Вовженяк П.Ю., Качемцева Л.В. Роль света в восприятии и сохранении подземных монастырей Придонья и Присколья 22
Сокольская О.Н., Василенко С.В. Модернизация фасадов многоэтажного жилого здания с учетом термического нагрева подстилающей поверхности застройки (на примере жилого комплекса в г. Майкоп) 34

Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Гребеницкова Е. А., Шелковкина Н. С., Горбачева Н. А. Влияние строительства сооружений инженерной защиты на компоненты окружающей среды 42
Аверкеев И.А., Зайцева Е.И., Гогина Е.С., Орлов В.А. Подготовка и обоснование предложений по внесению изменений в нормативную документацию в части гидравлического расчета труб 52
Василевич Э.Э., Мельников И.В., Чупин В.Р., Сколупович А.Ю. Оценка токсичности продуктов распада флоккулянтов 59
Городков А. В., Мельниченко М. С. Мониторинг и оценка акустических параметров примыкающих территорий (на примере г. Брянска) 65
Зайцев Н.С. Очистка поверхностных сточных вод от нефтепродуктов в коалесцентных сепараторах с гофрированными олеофильными пластинами 74
Сысоева Е.В., Безбородов Е.Л. Влияние «зеленых» крыш на концентрацию мелкодисперсных частиц PM_{2.5} и PM₁₀ в крупных городах России 82
Уважаемые авторы! 109

ИТОГИ КРУГЛОГО СТОЛА «БИОСФЕРА И ГОРОД»

17 сентября 2024 года на базе НИУ МГСУ в рамках II Международного научно-практического симпозиума «Будущее строительной отрасли: вызовы и перспективы развития» прошел Круглый стол «Биосфера и город». Ведущий — академик РААСН, д-р техн. наук, профессор В.А. Ильичев.

В мероприятии приняли участие члены Российской академии архитектуры и строительных наук, известные российские ученые и молодые представители научного сообщества из российских вузов.

С приветственным словом к участникам обратились Президент Российской академии архитектуры и строительных наук академик РААСН, доктор искусствоведения, профессор, ректор МАРХИ Д.О. Швидковский и академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, ректор НИУ МГСУ П.А. Акимов.

Проблематика прозвучавших докладов преимущественно связана с глобальными вызовами и неблагоприятными экологическими условиями проживания большей части населения России, которые влияют отрицательно на здоровье людей, в первую очередь на их когнитивные способности.

На Круглом столе были затронуты информационные аспекты проблемы биосферной совместимости природы и человечества; вопросы инноваций и их внедрения в различные отрасли экономики; аспекты взаимоотношений Человека и Биосферы, которые существуют в разных культурах с древних времен и до современности. Также были охвачены вопросы поиска моделей биосферного сбалансированного сосуществования урбанизированных территорий и их природного окружения, адаптации к изменению климата и биоподобных технологий жизнедеятельности общества в качестве подхода к решению экологических проблем.

Подводя итоги работы Круглого стола «Биосфера и город», его ведущий, академик РААСН В.А. Ильичев, отметил, что целью мероприятия явился поиск путей решения рассматриваемых проблем, позволяющих смягчить реальные угрозы, открыть больше возможностей для прогрессивного саморазвития, уменьшить социальные противоречия, поднять уровень жизни населения и сделать градоустройство системным и результативным. При этом результатами планируемых глубоких и масштабных преобразований практически всех сфер жизнедеятельности российского общества должно стать решение демографических проблем России и развитие ее человеческого потенциала. Это станет основой для повышения качества жизни населения и обеспечения национальной безопасности страны, ее государственного и технологического суверенитета.

Ознакомиться с программой работы Круглого стола можно на сайте: https://mgsu-conference.org/17_09_10

Журнал «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии» в ближайших выпусках сможет опубликовать статьи, подготовленные по итогам выступлений участников Круглого стола «Биосфера и город».



Ильичев В.А.,
академик РААСН, д-р техн. наук,
профессор НИУ МГСУ,
г. Москва



Сывороткин В.Л.,
д-р геол.-мин. наук,
профессор МГУ им. М.В. Ломоносова,
г. Москва



Иванова З.И.,
канд. истор. наук,
профессор НИУ МГСУ,
г. Москва

Резолюция
по итогам выступлений участников Круглого стола
по направлению междисциплинарных исследований
на тему: «Биосфера и Город»,
проводимого в рамках II Международного
научно-практического симпозиума
«БУДУЩЕЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ:
ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»
(17–20 сентября 2024 г.)

Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет

г. Москва

17 сентября 2024 года

В процессе работы Круглого стола по направлению междисциплинарных исследований «Биосфера и город» (далее Круглый стол) были достигнуты поставленные цели. Участники Круглого стола, отмечая важность его проведения на регулярной основе, выражают уверенность, что рекомендации, выработанные по результатам работы Круглого стола и изложенные в резолюции, будут содействовать развитию междисциплинарных исследований, помогут воссоздать организационно-экономическую систему применения инноваций в российской экономике.

Отмечая необходимость дальнейшего расширения и укрепления сотрудничества в общероссийском и международном формате, настоящая резолюция утверждает следующие рекомендации и решения, выработанные и одобренные в ходе проведения Круглого стола:

1. По итогам доклада *В.А. Ильичева*, рассмотрев экологические проблемы мира и экологические проблемы в России, следует вывод, что:

1.1. Природа деградирует и вместе с ней деградируют и люди. Почти все население России живет в опасных экологических условиях, которые влияют отрицательно на здоровье людей, в первую очередь на когнитивные способности. Население России уменьшается, и экологическая обстановка вносит вклад в этот процесс.

1.2. В стране отсутствует организационно-экономическая система создания и применения инноваций. Такая система была изобретена в России в 1900 г. купцом Х.С. Леденцовым и затем принята и усовершенствована в мире: «русская волна» инновационных мероприятий в корпорациях, энергетическая программа США в 70-е годы прошлого века, сократившая вдвое энергоемкость единицы ВВП,

а затем и в странах Западной Европы, «Стратегическая оборонная инициатива», последствия которой известны. Существующим ближайшим аналогом организационно-финансовым инновационным механизмам является Закон о Пасевых инвестиционных фондах недвижимости. Он применяется при эксплуатации построенных зданий, но не вполне пригоден для строительства.

Российскими учеными разработаны инновационные механизмы восстановления Биосферы, возвращения ее к естественному состоянию.

Нужно переходить к другому принципу планирования развития городов, а не только учитывать развитие территории, во главу надо ставить человека, его развитие как основы существования государства.

2. Доклад *В.Л. Сывороткина* направлен на установление связи аномалий общего содержания озона (ОСО) и аномалий погоды. В итоге, основные экологические проблемы современности: разрушение озонового слоя, погодные и климатические аномалии, таяние льдов в Северном Ледовитом океане, природные пожары и массовая гибель биоты вызваны усилением водородной дегазации планеты. Для уточнения закономерностей ритмики газового дыхания Земли необходимо развивать мониторинг концентрации подпочвенного водорода в различных геоструктурных зонах планеты. Приведенные в докладе примеры реальных природных катаклизмов, которые находят свое выражение на озоновых картах, могут быть примером анализа этой информации для использования в реальной повседневной жизни. В первую очередь, это касается определения уровня ультрафиолетовой угрозы и повышенной концентрации приземного озона. Сказанное относится к каждому человеку лично, но в еще большей мере касается организую-

щих жизнедеятельность коллективов руководителей гражданских и силовых структур.

3. Доклад *К.К. Колина* отражает информационные аспекты проблемы биосферной совместимости природы и человечества. Доклад показал, что наша страна приступает к реализации принципиально новой стратегии своего развития на долгосрочную перспективу. Основной принцип этой стратегии состоит в том, чтобы обеспечить безопасность и будущее нашей страны на основе ее многоаспектного развития. При этом результатами планируемых глубоких и масштабных преобразований практически всех сфер жизнедеятельности российского общества должно стать решение демографических проблем России и развитие ее человеческого потенциала. Это станет основой для повышения качества жизни населения и обеспечения национальной безопасности страны, ее государственного и технологического суверенитета. Однако при этом необходимо учитывать и глобальные угрозы, обусловленные техногенной деятельностью человека. Понимание этих угроз и определение адекватных мер противодействия им требуют формирования нового мировоззрения интеллектуальной элиты общества, а также изменения концепции развития цивилизации, создания и широкого использования природоподобных технологий. С учетом этого сформулированы предложения по совершенствованию системы государственного управления научно-технологическим развитием страны и показана необходимость междисциплинарных исследований для получения новых знаний и создания эффективных технологий на основе имеющихся в России результатов поисковых работ в этой области.

4. Доклад *П.О. Егорьева* указал на тот факт, что масштабные потребности энергетики в системных технологических решениях принципиально нового уровня уже формируют новые глобальные рынки высокотехнологичной продукции, на серьезные позиции в которых могли бы претендовать и российские производители. В складывающихся условиях энергетика сама уже стала экспериментальной площадкой не только для апробации, но и для разработки передовых решений в области интеллектуального учета энергетических решений, внедрения технологий распределенной генерации, интеллектуальной передачи энергии и другого. В разработке именно этих решений следует ожидать активизации инновационных процессов, результатом которых мог бы стать поток высокотехнологичных решений по энергетическому переходу.

Предлагаемые технологии позволят полностью отказаться от использования сложных и дорогих турбин при производстве электроэнергии, существенно снизить стоимость электрогенерации, существенно упростить и понизить степень опасности электрогенерирующего оборудования, позво-

лят быстро развить новое направление портативной теплоэлектрогенерации на основе обычных котлов и получить рентабельные системы распределенного энергоснабжения.

5. По итогам доклада *Ю.Л. Сколубовича* следует вывод, что загрязнение глобальных водных бассейнов и его влияние на человека может иметь следующие последствия:

- **нарушение нормального функционирования экосистем.** Многие виды живых организмов перестают существовать или их деятельность нарушается;
- **эвтрофикация.** Насыщение воды фосфором и азотом приводит к ухудшению качества воды;
- **снижение биологической продуктивности.** Замедление воспроизведения приводит к уменьшению совокупной массы организмов и животных в океане;
- **вымирание морских животных** в результате отравления загрязненной водой и мусором.

Для решения проблемы загрязнения вод Мирового океана требуется объединение всех сил мирового сообщества.

6. Доклад *З.И. Ивановой* выявил аспекты взаимоотношений Человека и Биосферы, которые существуют в разных культурах с древних времен и до современности. Автором доклада ставится вопрос о различном отношении к природе в традиционной этике восточных и западных народов — носителей разных типов цивилизации. На Востоке оно более бережное, чуткое, щадящее, на Западе — утилитарное, прагматическое. Проникновение западной техногенной цивилизации на Восток несет хозяйственную этику, основанную на хищническом отношении к природе. Результат: ухудшение экологической ситуации в восточных регионах планеты. Выход возможен только на основе формирования принципиально нового мышления как основы для формирования типа цивилизации с иной экологической этикой. Представляется, что локальные попытки «поправить» природу вряд ли позволят решить глобальные проблемы. Необходим переход к новому, принципиально иному типу цивилизационного развития.

7. В докладе *М.В. Шубенкова* рассматриваются вопросы, связанные с поиском моделей биосферного сбалансированного сосуществования урбанизированных территорий и их природного окружения, выявлением зон с особыми режимами использования природных ресурсов и антропогенных технологий. Предлагается применение зонирования территорий и биоподобных технологий жизнедеятельности общества в качестве подхода к решению экологических проблем. Выдвинутая концепция имеет отношение к формулировке новых основ государственной стратегии страны на ближайшую и долгосрочную перспективу развития. Основой приоритетного эко-

логического подхода к решению вопросов развития урбанизированной и природной сред предлагается принять принцип встроенности человеческой жизнедеятельности в естественные природные процессы. Необходима разработка соответствующих представлений о градостроительной деятельности как интегрированной модели развития биотехносферы, объединяющей все возможности выстраивания сбалансированных взаимодействий общества с природным окружающим контекстом. Необходимо осознать, что урбанизация территорий, несмотря на сопровождающие ее экологические угрозы, является естественным и необратимым процессом, исторически сопровождающим и обеспечивающим развитие человеческой цивилизации. Сегодня стоит вопрос о разработке принципиально новой методологии градостроительства, направленной на переход от отраслевого планирования развития территорий к комплексному биосферно-антропогенному планированию, построенному на принципах антропогенно-природного зонирования и разумного развития урбанизированной среды.

8. В докладе *Н.В. Бакаевой, В.А. Гордона, И.В. Черняевой* затронуты новые вызовы современности: демографические изменения, приводящие к депопуляции населения, трудовой миграции и, как следствие, градостроительным проблемам расселения и территориально-пространственной организации территории, которые существенным образом влияют на методологию градостроительства и количественные оценки качества среды жизнедеятельности. Динамика численности населения, естественное движение и миграция — это основа составления планов перспективного планирования и жилищного строительства. Теоретически невозможно дать обоснование развития города, не изучив, как меняется численность трудоспособного населения, его возрастные и структурные показатели, социальный статус, также не исследовав социально-экономические факторы, влияющие на рождаемость, естественный прирост, продолжительность жизни и другие важные демографические показатели. Методами корреляционно-регрессионного анализа было выполнено моделирование процесса изменения демографической ситуации на основе изучения статистических данных о социально-экономических и миграционных показателях отдельно взятого региона ЦФО — Орловской области. Результаты анализа являются основанием для выбора наиболее важных взаимовлияющих факторов и построения статистических моделей, прогнозирующих наиболее благоприятные условия жизнедеятельности.

9. В докладе *Г.А. Птичкиной* были отражены проблемы развития городов и поселений и биосферные ресурсы территории (на примере Нижней волги и Дона). Была поставлена проблема учета негативного воздействия объектов гидроэнергетики на биосферные ресурсы региона при развитии городов и сельских населенных пунктов. Раскрыты методические основы оценки этого воздействия при разработке документов территориального планирования. Обоснование полученных результатов выполнено на примере системы расселения и городов региона Нижнее Поволжье в Южном федеральном округе РФ.

10. В докладе *Е.В. Сысоевой, Е.Л. Безбородова, И.В. Морозова* прозвучало, что одним из направлений, способствующих улучшению качества окружающей среды и уменьшению ее загрязнения, является увеличение площади зеленых насаждений, в том числе и применение «зеленых» крыш. Приведены основные аспекты финансового обоснования устройства «зеленых» крыш в массовом строительстве. Данные решения могут быть использованы для крупных городов Российской Федерации, схожих по основным климатическим характеристикам.

11. Доклад *Н.П. Умняковой* «Влияние климатических процессов на городскую среду» отразил особенности антропогенного загрязнения городской окружающей среды в разные сезоны года. Учитывая, что в настоящее время происходит изменение климата на Земле и основной тренд происходит в сторону потепления, своевременная актуализация климатических параметров является важной задачей. Проведен анализ и представлены результаты исследования изменения климатических параметров, таких как различные температуры воздуха, динамика осадков, высоты и продолжительности снежного покрова, тенденции к изменению температуры грунта в арктических регионах на различной глубине от поверхности Земли и другие. На основе обработки климатических данных предлагается пересмотр климатических параметров для холодного и теплого периодов года — среднемесячной и среднегодовой температурой и парциального давления, среднего и максимального значений амплитуды суточных колебаний температуры по месяцам, а также значений удельной энтальпии и влагосодержания воздуха для семнадцати городов РФ, которую можно применить при проектировании систем кондиционирования.

Учитывая ключевые идеи, прозвучавшие в докладах, предложить редакции журнала «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии» издать материалы докладов участников Круглого стола.

Работу Круглого стола следует признать успешной.

Ведущий Круглого стола



В.А. Ильичев

Резолюция принята 17 сентября 2024 г.

Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 6–12

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 004.056.2

DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.6-12

ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ БИОСФЕРНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ЧЕЛОВЕКА И НОВОЙ СРЕДЫ ЕГО ОБИТАНИЯ

Константин Константинович Колин

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук
(ФИЦ ИУ РАН); г. Москва, Российская Федерация

Проведен анализ информационных аспектов проблемы биосферной совместимости человека и новой среды его обитания в XXI в., которая формируется в результате все более масштабной техногенной деятельности современного общества. Рассмотрены факторы деструктивного воздействия этой среды на организм человека и показана необходимость формирования в обществе культуры информационной безопасности, основные методы которой должны учитываться в теории и практике градостроительства и градостроительства России. Рассмотрены новые результаты междисциплинарных информационных исследований, полученных в России в последние годы, которые должны быть использованы для решения проблемы обеспечения биосферной совместимости. Показана необходимость проведения дальнейших комплексных исследований этой проблематики и внедрения ее результатов в практику градостроительства и систему подготовки кадров для строительной отрасли России.

Ключевые слова: биосферная совместимость, видеоэкология, информационная безопасность, градостроительная политика

Для цитирования: Колин К. К. Информационные аспекты проблемы биосферной совместимости человека и новой среды его обитания // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 6–12. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.6-12

INFORMATIONAL ASPECTS OF THE PROBLEM OF BIOSPHERIC COMPATIBILITY OF MAN AND HIS NEW HABITAT

Konstantin K. Kolin

Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences
(FRC CSC RAS); Moscow, Russian Federation

The analysis of the information aspects of the problem of biospheric compatibility of man and his new habitat in the XXI century, which is formed as a result of the increasingly large-scale man-made activities of modern society, is carried out. The factors of the destructive impact of this environment on the human body are considered and the need for the formation of an information security culture in society is shown, the main methods of which should be taken into account in the theory and practice of urban planning and urban planning in Russia. The new results of interdisciplinary information research obtained in Russia in recent years, which should be used to solve the problem of ensuring biospheric compatibility, are considered. The necessity of further comprehensive studies of this issue and the implementation of its results in the practice of urban planning and the training system for the construction industry of Russia is shown.

Keywords: biosphere compatibility, video ecology, information security, urban planning policy

For citation: Kolin K. K. Informational aspects of the problem of biospheric compatibility of man and his new habitat. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2024; 3:6-12. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.6-12 (rus.).

Актуальность проблемы

Системные исследования проблем развития современной цивилизации показывают, что наиболее актуальной в последние годы становится проблема глобальной безопасности. Важной частью этой комплексной проблемы является обеспечение биосферной совместимости человека и той новой

среды его обитания, которая в настоящее время активно формируется в результате все более масштабной техногенной деятельности людей. Результаты исследований отечественных и зарубежных ученых показывают, что эта среда оказывает весьма серьезное негативное воздействие на психику

и организм человека, последствия которого еще недостаточно изучены. Для этого нужны комплексные междисциплинарные исследования, которые на необходимом уровне еще не развернуты.

Принципиальной важной особенностью этих исследований должно стать изучение информационных аспектов организма человека, включая его генетику, сознание и подсознание, а также исследование влияния на него различных компонентов новой техносферы в среде обитания. Эта техносфера становится все более глобальной и включает в себя новые здания и сооружения, системы энергетики, транспортные коммуникации, а также всю ту новую информационную инфраструктуру, которая уже прочно вошла в нашу культуру и стала важным атрибутом повседневной и профессиональной деятельности миллиардов жителей нашей планеты.

От всех этих благ научно-технологического прогресса человек уже никогда не откажется, так как они создают для него большие удобства и облегчают решение многих проблем жизнедеятельности. Но все хорошо в меру. Оказалось, что новая среда обитания создает для людей и живой природы достаточно серьезные угрозы глобального характера, многие из которых еще недостаточно изучены, так как не осознаются современным обществом и его интеллектуальной элитой [1].

В настоящей работе сделана попытка провести анализ некоторых глобальных угроз, связанных с информационными аспектами проблемы биосферной совместимости человека и новой среды его обитания. Основная цель исследования состоит в том, чтобы показать реальность этих угроз и привлечь к проблематике их изучения внимание специалистов в области архитектуры и строительной отрасли России. Ведь именно они и создают ту новую среду обитания граждан нашей страны, в которой они будут жить в будущем.

Информационное воздействие среды обитания на формирование структуры головного мозга человека

Для понимания процессов воздействия на человека новой среды его обитания очень важно знать, что эта среда существенным образом влияет на формирование нейронной структуры его головного мозга. Исследования показали, что мозг человека — это не аналог компьютера, куда можно загружать ту или иную информацию. Это сложнейшая информационно-биологическая система, принципы организации и функционирования которой в настоящее время познаны еще очень мало. Однако уже установлено, что процесс формирования этой системы существенным образом зависит от информацион-

ных свойств окружающей ее внешней среды. Исследования американских специалистов по возрастной психологии показали, что если ребенок, начиная с первых месяцев своего рождения, оказывается в интенсивной информационной среде, то у него формируется адекватная этой среде структура головного мозга [2]. Для характеристики особенностей психики таких детей они предложили использовать термины: «поколение *NEXT*» и «цифровые с рождения» [3].

При проведении своих исследований эти ученые основное внимание сосредоточили главным образом на изучении воздействия на детей новой информационной техники — смартфонов, компьютеров и телевидения. Но ведь информационное воздействие на человека оказывает также и облик предметов и сооружений всей среды его обитания. Иначе говоря, геометрические формы зданий и помещений, их цвет и взаимное расположение в пространстве, а также информационные свойства интерьеров домашних и служебных помещений — все это воздействует на психику и организм человека.

Пусть это воздействие является не таким интенсивным по сравнению с влиянием электронных устройств новой информационной техники, зато оно действует постоянно, в течение многих лет жизни человека и поэтому может оказаться весьма важным и существенным по своим последствиям.

Таким образом, можно предположить, что между людьми, которые родились и выросли в окружении естественной природы, и жителями современных городов, насыщенных электронной информационной техникой и системами электроснабжения, существуют различия не только на социальном уровне. Эти различия могут проявляться также и на уровне их психологических и биологических качеств и оказаться весьма существенными. Мало того, можно прогнозировать, что в будущем, когда интенсивность электромагнитных полей в городах возрастет многократно, эти различия станут проявляться и на генетическом уровне, так как геном человека имеет волновую структуру и поэтому, безусловно, будет подвержен воздействию этих полей [4, 5]. Каким является допустимый предел этого воздействия, в настоящее время еще неизвестно, так как таких исследований не проводится. По крайней мере, автору настоящей работы о них неизвестно.

Проблема электромагнитной безопасности человека в техногенной среде обитания

Эта проблема является сравнительно новой и стала привлекать к себе внимание лишь в последние годы, когда процессы развития систем беспро-

водной связи получили массовое распространение. В городских и сельских поселениях, в непосредственной близости от жилых зданий, устанавливаются мачты с оборудованием передачи данных по сети Интернет, и работа этого оборудования конечно же повышает интенсивность электромагнитного поля в той новой среде обитания, где живут и работают люди. При повышении скорости передачи данных, что в настоящее время наблюдается во многих странах, включая Россию, интенсивность электромагнитных полей также возрастает, причем весьма существенно.

Мало того, роутеры сети Интернет сегодня устанавливаются непосредственно в жилых помещениях. И ничего хорошего для здоровья людей это не сулит. Хотя уровень допустимого воздействия на них электромагнитных излучений здесь также неизвестен. Однако это воздействие реально существует, и оно достаточно быстро усиливается в результате развития процессов информатизации современного общества.

Хотелось бы обратить внимание специалистов строительной отрасли России на то, что в современных городских зданиях имеется большое количество и других источников электромагнитных излучений, которые обеспечивают обитателей этих зданий необходимыми удобствами. Так, например, даже провод электропитания настольной лампы, которая включена в электрическую розетку без ее заземления, является таким источником и создает переменное электромагнитное поле в непосредственной близости от человека, который работает за этим столом.

Физический механизм этого воздействия можно кратко пояснить следующим образом. Согласно теории функциональных систем живых организмов, которая разработана академиком П.К. Анохиным, в организме человека имеется несколько таких систем, которые и обеспечивают его жизнедеятельность [6]. В контексте настоящей работы важно отметить, что каждая из функциональных систем организма человека представляет собой замкнутый контур, где по определенным законам движутся заряженные частицы, на которые и оказывают свое воздействие электромагнитные излучения внешних источников.

В результате этого воздействия процессы работы функциональных систем организма человека могут быть нарушены. А ведь это очень важные системы: кровеносная, гуморальная, нервная и другие. Поэтому проблематика обеспечения *электромагнитной безопасности* человека в новой техногенной среде обитания должна стать предметом изучения не только для специалистов биологического и медицинского профиля, но также и для тех специали-

стов строительной отрасли, которые проектируют и создают эту среду [7]. Результаты этих исследований должны найти свое отражение в новых Строительных нормах и правилах нашей эпохи и строго соблюдаться под государственным контролем.

Видеоэкология среды обитания человека

Видеоэкология — это новое направление экологических исследований, в котором изучаются вопросы воздействия на человека той видеoinформации, которую он получает из окружающей среды в процессе своей жизнедеятельности. Основателем этого направления стал российский ученый, доктор технических наук, профессор В.А. Филин. Им был выполнен целый комплекс экспериментальных исследований, результаты которых были опубликованы в виде монографии [8].

Эти исследования дали принципиально важные результаты, позволяющие понять механизм и закономерности зрительного процесса и его влияния на организм человека в различных условиях окружающей среды. Оказалось, что в процессе зрительного наблюдения некоторого участка внешнего мира глаз человека совершает быстрые колебательные движения сканирующего характера по пространству этого участка, аналогично тому, как это происходит в телевизионных приемниках. Процесс сканирования осуществляется автоматически, без участия сознания человека, который сознательно может только перевести свой взор с одного объекта наблюдения на другой.

Однако динамика поступления видеoinформации в мозг человека в процессе сканирования существенным образом зависит от геометрических и цветовых особенностей наблюдаемого объекта. И именно это является принципиально важным аспектом воздействия этой информации на организм человека. В.А. Филиным было экспериментально установлено, что длительное наблюдение угловатых форм различных предметов окружающей человека среды, а также чередования темных и светлых пятен на их поверхности утомляет человека и вызывает у него чувство усталости и психологического дискомфорта. При этом особенно утомительным оказалось наблюдение поверхностей типа шахматной доски. Поэтому понятно, что внешний вид современных городских зданий, имеющих однообразные угловатые формы, которые в настоящее время доминируют в городском пейзаже, — это неблагоприятная для зрения человека среда его обитания. Тем более что в этой среде люди живут годами, а иногда — и в течение всей своей жизни.

К сожалению, современным архитекторам результаты исследований В.А. Филина в области видеоэкологии недостаточно известны и поэтому не учитываются в их практической деятельности. Об этом свидетельствует, например, экологическая концепция китайского архитектора Ван Шу, которая рассмотрена в статье [9]. Этот архитектор предлагает очень важные гуманитарные принципы градостроительства, направленные на обеспечение биосферной совместимости человека и среды его обитания. Однако, соглашаясь с этими принципами, мы должны заметить, что угловатые геометрические формы тех зданий, которые построены по проектам самого этого архитектора, вовсе не соответствуют этим принципам. Ведь в естественной природе нет таких форм, так как в ней действуют всеобщие информационные законы гармонии [10].

Эстетика архитектуры в пространстве жизнедеятельности человека

Здания и сооружения, которые сегодня окружают каждого человека, выполняют не только свои утилитарные функции. Они являются также и произведениями искусства, результатом творчества архитекторов и строителей. Они создают вполне определенный *эстетический фон* жизненного пространства человека. Поэтому эти объекты должны соответствовать и своему другому предназначению — они должны удовлетворять эстетические потребности человека и быть для него экологически безопасными с точки зрения видеоэкологии.

Для того чтобы соответствовать этим важным требованиям, объекты архитектуры должны быть гармоничными как по своим пространственным пропорциям, так и по цветовой гамме. Мало того, расположение этих объектов и их отдельных компонентов в пространстве также должно осуществляться с учетом информационных законов гармонии, которые являются фундаментальными для всех структур и процессов живой и неживой природы [10]. Только при этих условиях создаваемая объектами архитектуры среда обитания человека будет вызывать у него положительные эмоции и содействовать гармонизации процессов его жизнедеятельности как психологических, так и физиологических.

Информационные механизмы эстетического воздействия на человека объектов архитектуры

Рассмотрим теперь вопросы, как воздействуют те или иные архитектурные решения на психику человека и каковы основные механизмы этого воздействия. Ответы на эти вопросы в определенной

мере содержатся в монографии [8]. В ней показано, что различные формы архитектурных решений могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на психику человека. При этом каналом воздействия служит зрительное восприятие. Оказывается, глаз человека по-разному реагирует на различные пропорции отдельных элементов архитектурных сооружений, их форму, цвет, а также порядок размещения в зрительном поле человека.

Экспериментальные исследования показали, что механизм этого воздействия устроен следующим образом. Зрительное поле человека можно рассматривать как некоторый «экран наблюдения», поверхность которого сканируется движениями глазных яблок. При этом процесс сканирования осуществляется автоматически, помимо воли человека, так как он управляется на уровне подсознания. В процессе сканирования глаз на некоторое время задерживается на отдельных фрагментах «экрана наблюдения», если они выделяются из общего фона. В результате этого процесс сканирования модулируется аналогично тому, как это осуществляется в радиотехнических и других устройствах связи. Физика этого процесса хорошо известна специалистам в области информатики и связи.

Другими словами, процесс восприятия визуальной информации человеком физически представляет собой процесс модуляции процесса сканирования «экрана наблюдения» движением глазных яблок, характеристики которого обусловлены неоднородностями наблюдаемого человеком изображения.

Таким образом, можно утверждать, что в результате зрительного наблюдения человеком объектов архитектуры в его организме происходит преобразование статической картины «экрана наблюдения» в некоторый динамический процесс. Он представляет собой сложный сигнал, который образуется путем модуляции «несущей частоты» сканирования поля наблюдения глазными яблоками другим процессом, связанным с их задержкой на неоднородностях поля наблюдения [11]. Именно этот второй процесс и является для человека полезным сигналом в его зрительной системе. И его структура зависит от пропорций между отдельными частями наблюдаемого объекта, их цветовой палитры и размещения в поле зрения.

Экспериментально установлено, что глаз человека «не любит» серых и черных тонов, угловатых геометрических линий, а также чередования однообразных фрагментов в поле наблюдения. Он от этого устает. И если человеку приходится наблюдать такие предметы длительное время, то у него появляется чувство психологического дискомфорта и усталости. Так, например, если школьная учительница придет на занятия в платье из материи в черно-

белую клетку и будет вести эти занятия целый день, т.е. ученикам к концу этих занятий гарантирована повышенная усталость.

Негативные чувства вызывают у людей также и галстуки в черно-белую полоску, которые совсем недавно были модными в среде российской политической элиты. Видимо, ее дизайнеры не знакомы с основами видеоэкологии.

Неблагоприятными для наблюдения являются также и унылые виды современных городских кварталов с их однотипными угловатыми многоэтажками, так характерными для многих городов России. А ведь в этих условиях городские жители обречены находиться годами, иногда — всю свою жизнь. Как же тогда можно надеяться, что их психологическое состояние будет благополучным?

Совсем другие чувства вызывают у человека классические формы архитектуры, созданные по законам гармонии. Во время своих научных командировок во Францию автор мог часами бродить по улицам Парижа, любясь красотой и пропорциями старинных зданий этого города, их мансардами, барельефами, живописными видами знаменитых парижских бульваров.

Глаз человека не любит однотонности, но зато хорошо воспринимает естественные гармоничные формы природы. Ведь не зря говорят, что на природе «глаз отдыхает». В современных городах очень мало зелени. А ведь она необходима человеку не только для того, чтобы давать ему кислород. Естественные формы растений гармоничны и поэтому создают благоприятную для человека визуальную среду. Перечисленные явления экспериментально доказаны. И это позволило профессору В.А. Филину сформулировать и обосновать стратегически важную глобальную проблему развития современной цивилизации — *проблему видеоэкологии*.

Важная особенность воздействия видеoinформации на человека состоит в том, что она одновременно поступает как в сознание, так и в подсознание человека. Это показали исследования В.Я. Сергина, который разработал информационную модель сознания [12]. Эта особенность недостаточно известна современным архитекторам и дизайнерам, но зато ее хорошо знают и активно используют специалисты в области рекламы, а также для манипуляции общественным сознанием. Кроме того, это еще и весьма эффективное оружие современной информационной войны [13].

Выводы и рекомендации

В настоящее время Россия приступает к реализации принципиально новой стратегии своего развития [14]. Она направлена главным образом

на решение важнейших гуманитарных проблем нашей страны: сбережения ее населения, укрепления здоровья и повышения благосостояния людей, а также развития человеческого потенциала страны. Эта стратегия имеет мобилизационный характер и ориентирована на период до 2036 года.

Напомним, что в качестве стратегических национальных целей России на период до 2036 года определены: «Комфортная и безопасная среда для жизни» и «Экологическое благополучие»¹. Поэтому рассмотренные в настоящей работе информационные аспекты проблемы биосферной совместимости, безусловно, находятся в области тех задач, которые должны быть решены для достижения этих целей.

Отметим также, что для реализации новой стратегии развития нашей страны планируется осуществить 10 новых национальных проектов, которые будут сформированы Правительством РФ до конца 2024 года. В их числе предусмотрен Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства». Его реализация должна перевести всю экономику и систему управления нашей страны на качественно новые принципы работы на основе больших данных. Для этого получит новое развитие вся информационная инфраструктура страны, включая ее систему связи и передачи данных, будут созданы новые цифровые платформы и технологии искусственного интеллекта, а также единое доверенное хранилище данных.

Кроме того, Научным центром «Курчатовский институт», согласно указу Президента РФ², уже разработан комплексный и широкомасштабный *План развития в России природоподобных технологий*, ориентированный на долгосрочную перспективу. Он предусматривает создание концерна, включающего порядка 700 предприятий. Из них 350 будут представлять собой научные и образовательные учреждения, 150 — инновационные центры и 200 — промышленные организации.

Эти перспективы создают новые возможности для практического решения проблемы создания комфортной и безопасной среды для жизни граждан нашей страны с учетом рассмотренных выше информационных аспектов биосферной совместимости. И очень важно, что ученые РААСН и РАН активно работают над этой проблемой, создавая концептуальные основы формирования такой среды обитания человека, которая будет для него безопасной и станет содействовать его развитию [15–19].

¹ О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309.

² О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 02.11.2023 № 818.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ильичев В.А. Служение планете Земля — биосфера, город и человек // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 1. С. 2–15. EDN: SDRBOY
2. Смолл Г., Ворган Г. Мозг онлайн. Человек в эпоху Интернета. М. : Изд-во КоЛибри, 2011. 352 с.
3. Колин К.К. Информационная антропология: поколение NEXT и новая угроза психологического расщепления человечества в информационном обществе // Вестник Челябинской государственной академии культуры и искусств. 2011. № 4. С. 32–36. EDN: ONZZVV
4. Гаряев П.П. Волновой генетический код. М. : Институт проблем управления РАН, 1977. 108 с.
5. Колин К.К. Культура безопасности в градостроительстве и градостроительстве как стратегический фактор биосферной совместимости человека и природы // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 1. С. 16–24. EDN: QMRZNN
6. Судаков К.В. Информационный феномен жизнедеятельности. М. : РМА ПО, 1999. 380 с.
7. Колин К.К. Биосфера и город: гуманитарные аспекты комплексной проблемы развития России // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 3. С. 23–35. EDN: ASIIMB
8. Филин В.А. Видеоэкология. Что для глаза хорошо, а что плохо. М. : Видеоэкология, 2006. 512 с.
9. Воличенко О.В. Экологическая концепция китайского архитектора Ван Шу // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 1. С. 63–75. EDN: ITQUPH
10. Колин К.К. Человек и гармония: информационная концепция теории искусства и творчества // Пространство и Время. 2011. № 4. С. 54–63. EDN: OOPUGP
11. Колин К.К. Эстетика как информационная наука // Стратегические приоритеты. 2011. № 1. С. 71–84.
12. Сергин В.Я. Психоинформатика сознания. Красноярск, СФУ, 2011. 43 с.
13. Барташ А.А. Мировая гибридная война. М. : Горячая линия-Телеком, 2023. 544 с.
14. Колин К.К. Новая стратегия развития России и проблема биосферной совместимости человека и природы // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 2. С. 2–11. EDN: NIMJYC
15. Воличенко О.В., Колчунов В.И. Урбанизированный ландшафт в экологическом проектировании // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 4. С. 2–12. EDN: QUHSYI
16. Ильичев В.А. Биосферная совместимость: Технология внедрения инноваций. Города, развивающие человека. М. : URSS, 2011. 240 с.
17. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Каримов А.М., Гордон В.А., Бакаева Н.В. Концепция биосферной совместимости как основа доктрины градостроительства и расселения // Стратегические приоритеты. 2014. № 1. С. 71–84.
18. Колин К.К. Информационная культура и качество жизни в современном обществе // Открытое образование. 2010. № 6. С. 84–89.
19. Колин К.К. Гуманитарные аспекты проблемы понимания и оценки качества жизни в современном обществе // Знание. Понимание. Умение. 2024. № 2. С. 61–69.

Об авторе: **Константин Константинович Колин** — доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, главный научный сотрудник; **Институт проблем информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление РАН»**; 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44; РИНЦ ID: 71616; e-mail: kolinkk@mail.ru.

REFERENCES

1. Ilyichev V.A. Service to planet earth — biosphere, city and man. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2024; 1:2-15. EDN: SDRBOY (rus.).
2. Small G., Worgan G. *Brain online. Man in the age of the Internet*. Moscow, KoLibri Publishing House, 2011; 352. (rus.).
3. Kolin K.K. Information anthropology: NEXT generation and the new threat of psychological stratification of the humanity in the informational society. *Bulletin of the Chelyabinsk State Academy of Culture and Arts*. 2011; 4:32-36. EDN: ONZZVV (rus.).
4. Garyaev P.P. *Wave genetic code*. Moscow, Institute of Management Problems of the Russian Academy of Sciences, 1977; 108. (rus.).
5. Kolin K.K. Safety culture in urban planning and urban planning as a strategic factor of biospheric compatibility of man and nature. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2024; 1:16-24. EDN: QMRZNN (rus.).
6. Sudakov K.V. *Information phenomenon of vital activity*. Moscow, RMA PO, 1999. 380. (rus.).
7. Kolin K.K. Biosphere and the city: humanitarian aspects of the complex problem of Russia's development. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2023; 1:63-75. EDN: ASIIMB (rus.).
8. Filin V.A. *Video ecology. What is good for the eye and what is bad*. Moscow, Videoecology Publ., 2006; 512. (rus.).

9. Volichenko O. V. Environmental concept of the Chinese architect Wang Shu. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2023; 1:63-75. EDN: ITQUPH (rus.).
10. Kolin K. K. Human and harmony: information conception of art theory and creation. *Space and Time*. 2011; 4:54-63. EDN: OOPUGP (rus.).
11. Kolin K. K. Aesthetics as an information science. *Strategic Priorities*. 2011; 1:71-84. (rus.).
12. Sergin V. Ya. *Psychoinformatics of consciousness*. Krasnoyarsk, SibFU, 2011; 43. (rus.).
13. Bartash A. A. *World hybrid war*. Moscow, Hotline-Telecom Publ., 2023; 544. (rus.).
14. Kolin K. K. The new development strategy of Russia and the problem of biospheric compatibility of man and nature. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2024; 2:2-11. EDN: NIMJYC (rus.).
15. Volichenko O. V., Kolchunov V. I. Urban landscape in environmental design. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2023; 4:2-12. EDN: QUHSYI (rus.).
16. Ilyichev V. A. *Biosphere compatibility: Technology of innovation. Cities that develop people*. Moscow, URSS, 2011; 240. (rus.).
17. Ilyichev V. A., Yemelyanov S. G., Karimov A. M., Gordon V. A., Bakaeva N. V. The concept of biosphere compatibility as the basis of the doctrine of urban planning and settlement. *Strategic Priorities*. 2014; 1:71-84. (rus.).
18. Kolin K. K. Information culture and quality of life in modern society. *Open Education*. 2010; 6:84-89. (rus.).
19. Kolin K. K. Humanitarian aspects of the problem of understanding and evaluating the quality of life in modern society. *Knowledge. Understanding. Ability*. 2024; 2:61-69. (rus.).

About the author: **Konstantin K. Kolin** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher of the Institute of Computer Science Problems; **Federal Research Center “Computer Science and Control” of the Russian Academy of Sciences (FRC CSC RAS)**; 44 Vavilova st., Moscow, 119333, Russian Federation; ID RSCI: 71616; e-mail: kolinkk@mail.ru.

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕЖЕВАНИЯ ЖИЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ (РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЙ ЭТАП)

Ольга Юрьевна Лептюхова

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

Межевание жилых территорий должно решать не только базовые задачи по передаче земельных участков и расположенных на них зданий и плоскостных сооружений в собственность, пользование, аренду, налогообложения и осуществления сделок с недвижимостью, но и должны быть нацелены на создание единой экосистемы, взаимоувязывающую в себе обеспечение комфортного проживания населения, компактное размещение и взаимосвязь внутриквартальных функционально-планировочных зон с учетом их допустимой совместимости и планировочной целостности. Целью исследования является оптимизация проектных работ по межеванию для обеспечения комплексного функционального использования территории на основе принципов компактности и бесконфликтности городской среды. Исследование проводится на основании определенных ранее классификаций основных типов межевания территории и сопоставления отечественной и зарубежной практики.

Ключевые слова: межевание территории, городская среда, элементы планировочной структуры, формирование земельного участка, градостроительные подходы

Для цитирования: Лептюхова О.Ю. Оптимизация межевания жилых элементов планировочной структуры (расчетно-графический этап) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 13–21. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.13-21

OPTIMISATION OF RESIDENTIAL ELEMENTS OF THE PLANNING STRUCTURE (CALCULATION AND GRAPHIC STAGE)

Olga Yu. Leptyukhova

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

Urban planning approaches to land surveying should solve not only the basic tasks of transferring land plots and buildings and planar structures located on them to ownership, use, lease, taxation and real estate transactions, but should also be aimed at creating a single ecosystem, mutually integrating the provision of comfortable living for the population, compact placement and interconnection of intra-block functionally-planning zones, taking into account their permissible compatibility and planning integrity. The purpose of the study is to optimize the surveying procedure to ensure the integrated functional use of the territory, based on the principles of compactness and conflict-free urban environment. The study is conducted on the basis of previously defined classifications of the main types of land surveying and comparison of domestic and foreign practice, comparison of domestic and foreign practice.

Keywords: land surveying, urban environment, elements of the planning structure, land plot formation, urban planning approaches

For citation: Leptyukhova O. Yu. Optimisation of residential elements of the planning structure (calculation and graphic stage). Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2024; 3:13-21. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.13-21 (rus.).

Введение

Одной из актуальных задач в градостроительстве является обеспечение прав и законных интересов граждан на безопасное и комфортное придомовое пространство многоквартирных жилых домов, границы которого должны быть установлены с учетом всех функциональных процессов, протекающих на территории.

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 г. с прогнозом до 2035 г.», задачами стратегии является повышение комфортности и улучшение качества городской среды, повышение эффективности использования земельных участков.

С изменением социально-экономической формации и появлением частной собственности появилась необходимость установления связи между правами и обязанностями собственника на объект капитального строительства и территории, на которой он расположен, возникла необходимость межевания территории.

Для собственников объектов недвижимости вопрос формирования земельного участка под многоквартирными жилыми домами важен тем, что создает предпосылки развития и сохранения комфортной и благоприятной внутريدворовой среды.

Межевание является основой рационального использования пространства между домами и создает «зону ответственности» для собственников: предпосылку более ответственно и бережно относиться к имуществу.

Вопросы правового характера межевания и их аспекты рассматривались в публикациях [1–3].

Вопрос правильного выполнения межевания застроенных городских территорий с целью внутриквартального планирования был рассмотрен в публикациях [4–11].

Вопросы межевания также рассматривались в зарубежной научной литературе [12–16].

Настоящая статья является продолжением исследования [17] и включает в себя рекомендации по оптимизации процедуры межевания жилых элементов планировочной структуры.

Объектом исследования являются жилые элементы планировочной структуры (квартал/микрорайон как основа для образования земельных участков) на территории Московской области.

Гипотеза исследования — оптимизация расчетно-графического (проектного) этапа межевания территории квартала/микрорайона позволит повысить качество подготавливаемой градостроительной документации по межеванию и обеспечить комплексное функциональное использование территории земельных участков на основе принципов компактности и бесконфликтности городской среды.

Материалы и методы

Границами исследования являются жилые элементы планировочной структуры, ограниченные красными линиями (кварталы или микрорайоны), застроенные жилыми домами, при отсутствии зон с особыми условиями территорий. Исследование проводилось в три этапа.

На первом этапе проведен анализ открытых справочно-информационных онлайн-ресурсов, содержащих сведения о границах жилых элементов планировочной структуры и об объектах недвижимости, расположенных в их границах.

Анализ отечественного опыта межевания проводился применительно к территории Московской области при помощи Публичной кадастровой карты Росреестра и на основании утвержденных проектов межевания территории.

Анализ зарубежного опыта проводился при использовании сведений справочно-информационного онлайн-ресурса национального картографического агентства Чехии — Geoprohlížeč, справочно-информационного онлайн-ресурса землеустроительного органа Швеции — Lantmäteriet, справочно-информационного онлайн-ресурса города Вены, содержащего цифровую карту города Вена — Stadt Wien^{1, 2, 3}.

Анализ зарубежной и отечественной практики градостроительства и землеустройства позволил определить типы межевания и предложить классификацию по пяти типам межевания территории жилых элементов планировочной структуры: «межевание по отмостке», «межевание с придомовой территорией», «сплошное межевание», «комбинированное межевание», «с установлением публичного сервитута» (рис. 1).

В целом подходы к межеванию территории за рубежом и в России строятся на типах межевания 1–3; 4-й тип встречается исключительно в зарубежном опыте и 5-й тип присущ исключительно отечественной практике межевания. Каждый из рассмотренных типов межевания жилых элементов планировочной структуры имеет сильные и слабые стороны.

На втором этапе были проанализированы основные нормативные правовые и нормативные технические документы, регулирующие и регламентирующие проектные работы по межеванию, а именно:

- Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ;
- Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ;
- приказ Минстроя России от 07.03.2019 № 153/пр «Об утверждении методических рекомендаций по проведению работ по формированию земельных участков, на которых расположены многоквартирные дома»;
- СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01–89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»;
- СП 476.1325800.2020 «Территории городских и сельских поселений. Правила планировки, застройки и благоустройства жилых микрорайонов»;

¹ Geoprohlížeč // Zeměměřický úřad. URL: tadtplan/ (дата обращения: 05.11.2023).

² Lantmäteriet // Fastighetskarta. URL: https://minkarta.lantmateriet.se/ (дата обращения: 05.11.2023).

³ Stadt Wien // Stadtplan Wien. URL: https://www.wien.gv.at/stadtplan/ (дата обращения: 05.11.2023).

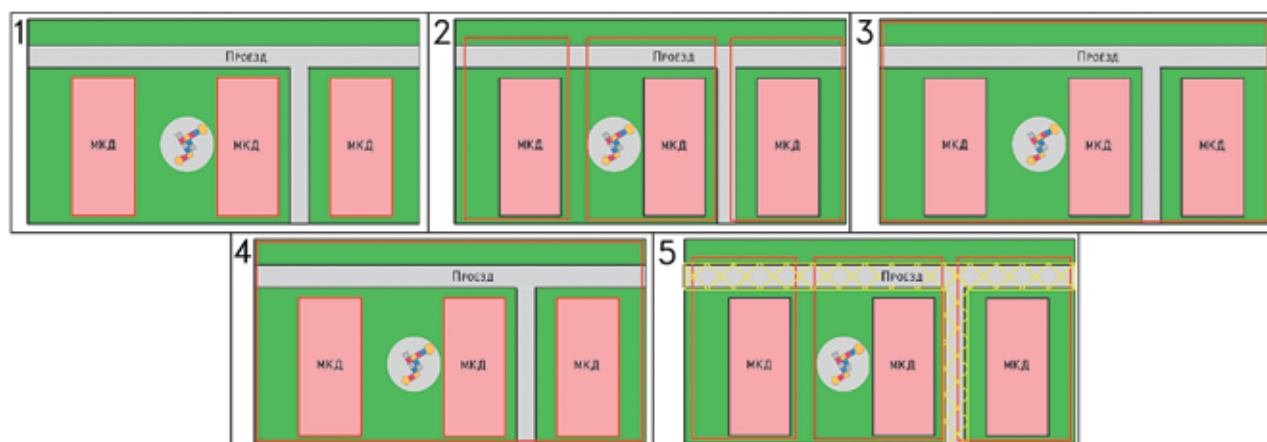


Рис. 1. Классификация типов межевания жилых элементов планировочной структуры: 1 — «по отмотке»; 2 — «с придомовой территорией»; 3 — «сплошное»; 4 — «комбинированное межевание»; 5 — «с установлением публичного сервитута»

- постановление Правительства Московской области от 17.08.2015 № 713/30 «Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Московской области» (далее — региональные нормативы градостроительного проектирования, РНГП);

- постановление Правительства Московской области от 17.08.2018 № 542/29 «Об утверждении Положения о порядке принятия решения об утверждении проекта планировки территории и проекта межевания территории в Московской области» [18–24].

На основании анализа вышеприведенных нормативных документов был определен состав элементов организации территории жилого квартала и микрорайона:

- для жилого квартала — это стоянки автомобильного транспорта, наземные гаражи емкостью не более 500 м/м; трансформаторные подстанции, бойлерные, центральные тепловые пункты, ВНС-3 подъема, котельные; спортивные площадки; магазины продовольственных и промышленных товаров, пункты общественного питания; приемные пункты химчисток и прачечных, салоны-парикмахерские; аптечные учреждения, амбулаторно-поликлинические организации, диспансеры, медицинские центры; дошкольные образовательные организации;
- для жилого микрорайона — это стоянки автомобильного транспорта, гаражи; газорегуляторные пункты, опорно-усилительные станции, КНС, котельные; физкультурно-оздоровительные комплексы, плоскостные сооружения; торговые центры, кафе, бары, столовые, кулинарии; ателье, ремонтные мастерские, общественные туалеты; отделения почтовой связи, отделения банков; аптечные учреждения.

На третьем этапе были определены основные градостроительные характеристики выявленных типов межевания жилых элементов планировочной

структуры на территории Московской области: площадь и форма земельного участка, состав элементов организации территории в границах земельного участка. Также был проведен сравнительный анализ расчета площади земельных участков на основании региональных нормативов градостроительного проектирования и на основании приказа Министерства Российской Федерации по земельной политике, строительству и жилищно-коммунальному хозяйству от 26.08.1998 № 59 «Об утверждении методических указаний по расчету нормативных размеров участков в кондоминиумах» [25].

По результатам анализа градостроительных характеристик сформированных земельных участков под жилыми домами, площадей земельных участков, полученных расчетом на основании региональных нормативов градостроительного проектирования Московской области, была выявлена проблематика. А именно: выявлено, что в существующей отечественной практике межевания отсутствует полное межевание внутреннего пространства сформированных в советское время жилых кварталов и микрорайонов и остаются территории с неразграниченной государственной собственностью, что приводит к стагнации и деградации внутреннего пространства жилых дворов. Образованные земельные участки имеют изломанные границы, чересполосицы, вклинивания и необоснованную геометрическую форму и не учитывают протекающие функциональные процессы на территории и состав элементов организации территории.

Результаты

На основании результатов анализа зарубежного и отечественного опыта межевания жилых элементов планировочной структуры, разработанной типологии межевания жилых территорий, оценки выявленных преимуществ и недостатков каждого типа межевания разработана блок-схема оптимизации

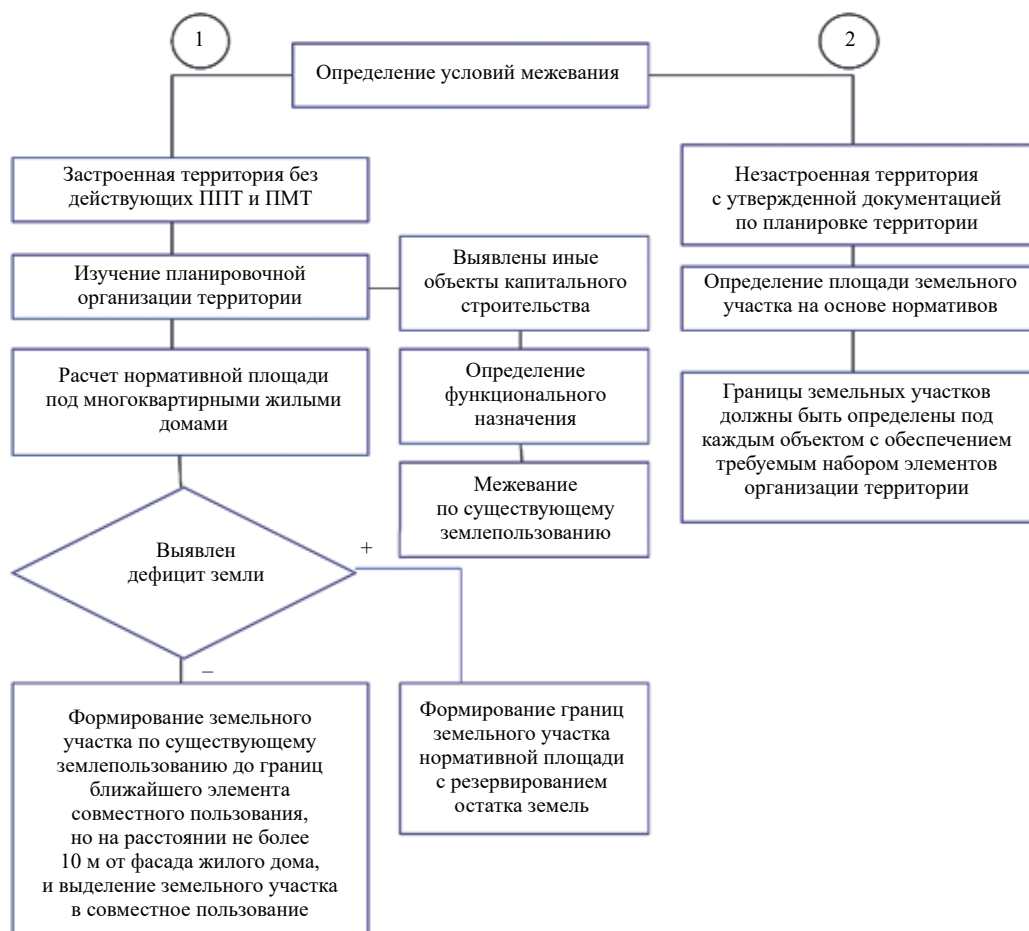


Рис. 2. Блок-схема оптимизации проектной работы по межеванию

проектных работ по межеванию территории жилых кварталов и микрорайонов.

Блок-схема отображает алгоритм расчетно-графической работы по межеванию территории (рис. 2).

Так, на первом этапе необходимо определить условия межевания: это межевание уже застроенных жилых территорий или межевание территорий, которые только подлежат застройке, и осуществить выбор последовательности действий исходя из условий: относится ли территория к застроенной или незастроенной.

На практике неразмежеванные застроенные территории — это кварталы советского периода постройки, которые не отвечают требованиям современных норм по планировке территории и никогда не имели проекта межевания территории.

В отношении незастроенных территорий в соответствии с требованиями действующего законодательства подготавливается документация по планировке (проект планировки и проект межевания).

Вариант действий, связанный с межеванием застроенной территории без ППТ и ПМТ, представлен на рис. 3.

Для случая межевания застроенной территории, как правило, отсутствует планировочная документация, поэтому необходимо выполнить предварительное натурное или картографическое обследование территории. Так, для того чтобы провести межевание, необходимо определить состав элементов организации территории, в перечень которого входят многоквартирные жилые дома и иные объекты капитального строительства, в том числе дошкольные образовательные организации и общеобразовательные организации, а также некапитальные объекты и сооружения, элементы благоустройства: площадки (детские, спортивные и иного назначения), тротуары, проезды и т.п.

На следующем этапе после анализа состава и местоположения элементов организации территории рассчитывается площадь под каждым многоквартирным жилым домом в квартале или микрорайоне на основании принятых в РНГП нормативных показателей. Многоквартирные жилые дома являются основными формирующими жилую застройку квартала (микрорайона) видами функционального использования территории.

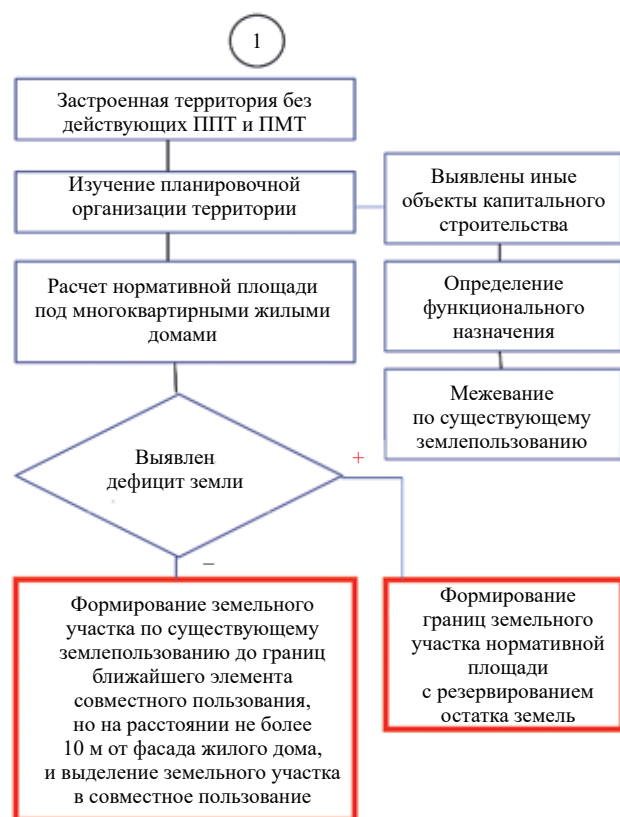


Рис. 3. Фрагмент алгоритмической конструкции застроенной территории

После расчета размеров земельных участков под многоквартирными домами необходимо определить, имеется ли дефицит территории для размещения всех необходимых в соответствии с нормативными документами элементов организации территории: тротуаров и подъездов к входным группам зданий, территорий зеленых насаждений с площадками отдыха взрослого населения и детскими игровыми площадками, мест хранения автомобильного транспорта и иных.

В случае выявленного расчетного профицита территории и при возможности размещения необходимых элементов организации территории на земельном участке по нормативным требованиям, формирование земельного участка под каждым многоквартирным жилым домом производится согласно расчету площади по региональным или местным градостроительным нормам. Сверхнормативная территория отводится в резерв муниципалитета для возможности формирования самостоятельного земельного участка.

В случае если выявлен дефицит территории в границах квартала/микрорайона, то межевание под многоквартирным жилым домом производится с придомовой территорией минимальной площади при учете существующего землепользования и установлением границ земельного участка по границе ближайшего элемента организации территории

совместного пользования, но не более 10 м от внешних стен жилого дома. На оставшейся территории формируется земельный участок в совместное общедолевое пользование жилых домов пропорционально жилой площади каждого дома, расположенного внутри элемента планировочной структуры.

Ограничения по установлению границы земельного участка на расстоянии не более 10 м от внешних стен многоквартирного дома обусловлены санитарными разрывами согласно п. 7.5. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01–89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

Местоположение общего земельного участка зависит от планировочной организации застройки в квартале, формирующей замкнутые объемно-пространственные комплексы или групповые композиционные комплексы (рис. 4, 5).

Образование земельных участков под иными объектами капитального строительства в квартале/микрорайоне происходит на основании нормативных показателей потребности в территории в зависимости от функционального назначения объекта в соответствии с Приложением Д СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01–89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».

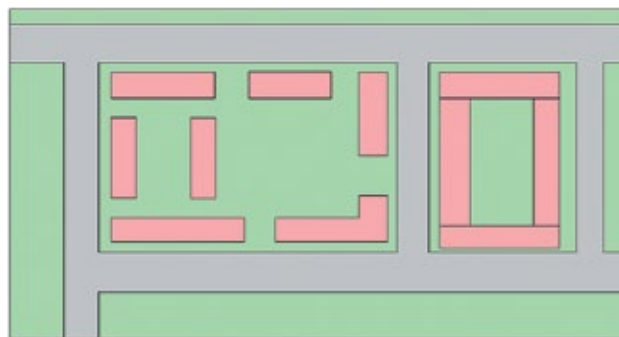


Рис. 4. Замкнутые объемно-пространственные композиционные комплексы

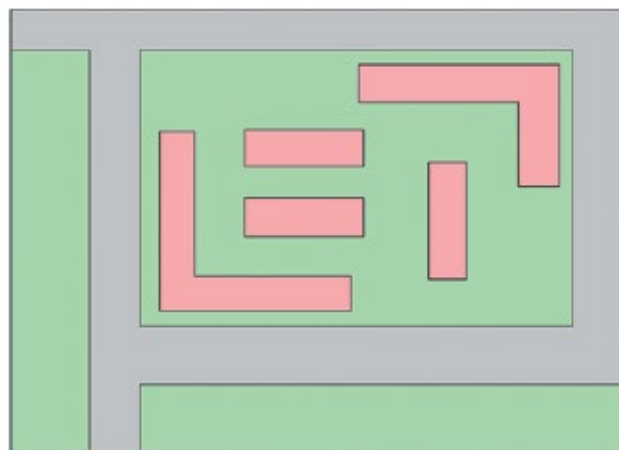


Рис. 5. Групповые объемно-пространственные композиционные комплексы

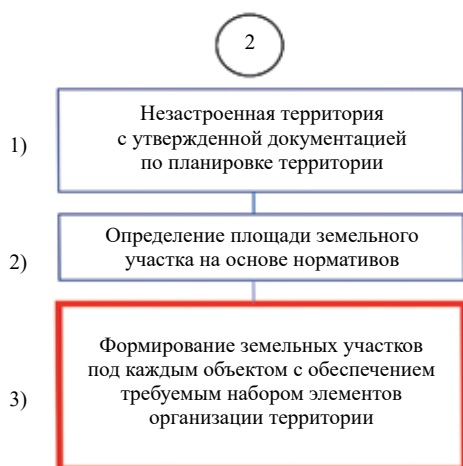


Рис. 6. Фрагмент алгоритма относительно незастроенной территории

Второй алгоритм действий разработан в отношении межевания незастроенной территории и выполняется на основании разработанного проекта планировки территории (рис. 6).

Для незастроенной территории проводится расчет нормативной площади под многоквартирными жилыми домами на основании действующих региональных и местных нормативов градостроительного проектирования. Образование земельных участков под многоквартирными жилыми домами должно проводиться типом межевания «с придомовой территорией».

В этом случае проектирование планировки территории целесообразно вести с учетом автономного обеспечения каждого жилого дома нормативным набором элементов организации территории, учитывая требования СП 476.1325800.2020 «Территории городских и сельских поселений. Правила планировки, застройки и благоустройства жилых микрорайонов». Так, например, согласно п. 7.26 указанного свода правил на приватной придомовой территории располагаются следующие обязательные элементы: подходы и подъезды к входным группам зданий, территории зеленых насаждений с площадками отдыха взрослого населения и детскими игровыми площадками.

Заключение

1. В связи с тем, что действующая расчетно-графическая практика межевания жилых кварталов

и микрорайонов не отвечает основным задачам межевания территорий, разработана блок-схема оптимизированного градостроительного подхода к межеванию, которая основана на градостроительном подходе, сочетающем учет функциональных процессов, протекающих на территории, и градостроительных особенностей территории при формировании земельных участков в жилых кварталах/микрорайонах.

2. При формировании земельных участков в границах жилых элементов планировочной структуры (микрорайонов и кварталов) необходимо опираться на основные принципы:

- в целях создания комфортной и здоровой жилой среды каждый жилой дом для полноценной реализации своего функционального предназначения должен быть обеспечен необходимым набором элементов организации территории;
- не допускается образование земельных участков меньше нормативной расчетной площади для незастроенных территорий;
- не допускается оставлять неразмежеванную территорию внутри квартала/микрорайона;
- необходимо учитывать фактическое землепользование каждого многоквартирного дома и наличие элементов организации территории совместного пользования;
- установленные границы земельных участков не должны приводить к конфликтным ситуациям по поводу использования территорий как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе;
- при межевании жилых элементов планировочной структуры и установлении границ земельных участков необходимо опираться на индивидуально-комплексный подход, учитывающий композиционно-пространственную структуру территории внутри жилых кварталов/микрорайонов.

3. Выбор алгоритма межевания (согласно разработанной блок-схеме) должен быть обоснован совокупностью планировочных характеристик территории, нормативных требований и форм собственности на объекты капитального строительства.

4. В настоящее время законодательство, регулирующее и регламентирующее расчетно-графический этап межевания территории жилых кварталов/микрорайонов, не отвечает задачам создания комфортной, компактной, бесконфликтной городской среды и нуждается в развитии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саввина Л.Я. Кадастровый учет земельных участков под многократными домами как гарантия снижения рисков возникновения конфликтов по поводу использования таких территория // Российское право: образование, практика, наука. 2022. № 1. С. 59–64.
2. Зинатчина Г.Ф. Постановка на государственный кадастровый учет земельных участков под многоквартирными домами // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. 2015. № 21. С. 121–125.

3. Фрелих А.Н., Корнеев В.И., Макурина М.Э. Правовые аспекты процесса межевания застроенных территорий // Наука и образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 279.
4. Аржников И.Е., Веретенниковой К.В. Проблемы межевания застроенных территорий и зачем межеванию быть системным? Барнаул : АГТУ им. И.И. Ползунова, 2022. С. 108–124.
5. Горюнова О.И. Образование земельных участков под многоквартирными домами в существующей застройке на примере ЗАТО Железнодорожный // ИАСЖ. 2021. № 4. С. 108–124.
6. Дарчинян И.Д. Межевание на землях застроенных территорий: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции «Современное состояние земельно-имущественного комплекса: проблемы и перспективы развития». Красноярск : КГАУ, 2021. С. 33–36.
7. Мамонтова С.А., Мугако А.Д. Образование земельного участка под многоквартирным домом // Юрис-консульт в строительстве. 2023. № 5. С. 57–60.
8. Никонов П.Н. Межевание и образ (обрез) города (один из множества аспектов) // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2009. № 10 (97). С. 14–30.
9. Сорокина Е.И. Процедура межевания земельного участка под многоквартирным домом: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию эколого-мелиоративного факультета: «Научные основы природообустройства России: проблемы, современное состояние, шаги в будущее». Волгоград : ВолГАУ, 2020. С. 265–269.
10. Загитов Б.А. Образование земельных участков под многоквартирными домами путем утверждения схемы расположения земельного участка на кадастровом плане территории // Общество и цивилизация. 2023. Т. 5. № 2. С. 92–94.
11. Шойкова С.И. Технология образования земельных участков под многоквартирными жилыми домами // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2023. № 2. С. 275–280.
12. Property Rights // The Library of Economics and Liberty. 1973. Vol. 33. Issue 1. Pp. 16–27.
13. Cao Y., Tang X. Evaluating the effectiveness of community public open space renewal: a case study of the Ruijin community, Shanghai // Land. 2022. Vol. 11. Issue 4. P. 476. DOI: 10.3390/land11040476
14. Cvetic Radenka. Right of apartment/condominium owners on the land on which the building is located in the context of conversion of the right of use into the right of ownership on the construction land // Zbornik radova Pravnog fakulteta, Novi Sad. 2021. Vol. 55. Pp. 93–111. DOI: 10.5937/zrpfns55-30418
15. Cvetic Radenka, Midorović Sloboda. Co-ownership of apartment owners with regard to the land on which the building is built // Zbornik radova Pravnog fakulteta, Novi Sad. 2021. Vol. 55. Pp. 737–763. DOI: 10.5937/zrpfns55-35564
16. Bielska A., Wendland A., Delnicki M. Possibilities for the development of building plots with an unfavorable structure in the context of spatial justice: a case study of Poland // Sustainability. 2020. Vol. 12. Issue 6. P. 2472.
17. Лентюхова О.Ю., Фиров Е.А. Классификация типов межевания жилых элементов планировочной структуры // Экология урбанизированных территорий. 2023. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-tipov-mezhevaniya-zhilyh-elementov-planirovochnoy-struktury>.
18. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ с изм. и допол. в ред. от 14.02.2024. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/
19. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ : с изм. и допол. в ред. от 25.12.2023. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/
20. Об утверждении методических рекомендаций по проведению работ по формированию земельных участков, на которых расположены многоквартирные дома : Приказ Минстроя России от 07.03.2019 № 153/пр. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18075>
21. СП 42.13330.2016. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89* : утв. Приказом Минстроя России от 30.12.2016 № 1034/пр. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14465>
22. СП 476.1325800.2020. Территории городских и сельских поселений. Правила планировки, застройки и благоустройства жилых микрорайонов. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/73525/>
23. Об утверждении нормативов градостроительного проектирования Московской области : Постановление от 17.08.2015 № 713/30 с изм. и допол. в ред. от 14.03.2023. URL: <https://mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/postanovlenie-pravitelstva-moskovskoy-oblasti-ot-17082015-71330-ob-utverzhdenii-normativov-gradostroitel'nogo-proektirovaniya-moskovskoy-oblasti>
24. Об утверждении Положения о порядке принятия решения об утверждении проекта планировки территории и проекта межевания территории в Московской области : Постановление от 17.08.2018 № 542/29. URL: <https://mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/postanovleniya-pmo/03-09-2018-16-26-44-postanovlenie-pravitelstva-moskovskoy-oblasti-ot>

25. Об утверждении методических указаний по расчету нормативных размеров земельных участков в кондоминиумах : Приказ Министерства Российской Федерации по земельной политике, строительству и жилищно-коммунальному хозяйству от 26.08.1998 № 59. URL: <https://docs.cntd.ru/document/58841185?section=status>

Об авторе: **Ольга Юрьевна Лептюхова** — кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 962842; e-mail: oy-2@mail.ru.

REFERENCES

1. Savvina L. Ya. Cadastral registration of land plots under multiple houses as a guarantee of reducing the risks of conflicts over the use of such territories. *Russian law: education, practice, science*. 2022; 1:59-64. (rus.).
2. Zinatchina G.F. State cadastral registration of land plots for apartment buildings. *Economics and Management in the XXI century: development trends*. 2015; 21:121-125. (rus.).
3. Frelich A.N., Korneev V.I., Makurina M.E. Legal aspects of the process of surveying built-up areas. *Science and education*. 2020; 3(4):279. (rus.).
4. Arzhnikov I.E., Veretennikova K. V. *Problems of surveying built-up areas and why should surveying be systematic?* Barnaul, I.I. Polzunov State Technical University, 2022; 108-124. (rus.).
5. Goryunova O.I. Formation of land plots for apartment buildings in existing buildings on the example of BUT Zheleznogorsk. *IACJ*. 2021; 4:108-124. (rus.).
6. Darchinyan I.D. Surveying on the lands of built-up territories. *Materials of the All-Russian student scientific and practical conference "The current state of the land and property complex: problems and prospects of development"*. 2021; 33-36. (rus.).
7. Mamontova S.A., Mugako A.D. Formation of a land plot under an apartment building. *Legal adviser in construction*. 2023; 5:57-60. (rus.).
8. Nikonov P.N. Land surveying and the image (sawn-off) of the city (one of the many aspects). *Property relations in the Russian Federation*. 2009; 10:14-30. (rus.).
9. Sorokina E.I. The procedure for surveying a land plot under an apartment building. *Materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 55th anniversary of the Ecological and Meliorative Faculty: "Scientific foundations of the natural environment of Russia: problems, current state, steps into the future"*. 2020; 265-269. (rus.).
10. Zagitov B.A. Formation of land plots for apartment buildings by approving the layout of the land plot on the cadastral plan of the territory. *Society and civilization*. 2023; 5(2):92-94. (rus.).
11. Shoikova S.I. Technology of formation of land plots under apartment buildings. *Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions*. 2023; 2:275-280. (rus.).
12. Property Rights. *The Library of Economics and Liberty*. URL: <https://www.econlib.org/library/Enc/PropertyRights.html>
13. Cao Y., Tang X. Evaluating the effectiveness of community public open space renewal: a case study of the Ruijin community, Shanghai. *Land*. 2022; 11(4):476. DOI: 10.3390/land11040476
14. Cvetić, Radenka. Right of apartment/condominium owners on the land on which the building is located in the context of conversion of the right of use into the right of ownership on the construction land. *Zbornik radova Pravnog fakulteta, Novi Sad*. 2021; 55:93-111. DOI: 10.5937/zrpfns55-30418
15. Cvetić Radenka, Midorović Sloboda. Co-ownership of apartment owners with regard to the land on which the building is built. *Zbornik radova Pravnog fakulteta, Novi Sad*. 2021; 55:737-763. DOI: 10.5937/zrpfns55-35564
16. Bielska A., Wendland A., Delnicki M. Possibilities for the development of building plots with an unfavorable structure in the context of spatial justice: a case study of Poland. *Sustainability*. 2020; 12:2472. DOI: 10.3390/su12062472
17. Leptyukhova O. Y., Firov E. A. Classification of types of surveying of residential elements of the planning structure. *Ecology of urbanized territories*. 2023; 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-tipov-mezhevaniya-zhilyh-elementov-planirovochnoy-struktury> (rus.).
18. The Land Code of the Russian Federation dated 10.25.2001 No. 136-FZ with amendments and additions. ed. from 02.14.2024. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (rus.).
19. Urban Planning Code of the Russian Federation dated 12.29.2004 No. 190-FZ with amendments and additions. ed. from 12.25.2023. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (rus.).
20. The order of the Ministry of Construction of the Russian Federation "On approval of methodological recommendations for the work on the formation of land plots on which apartment buildings are located" dated 07.03.2019 No. 153/pr. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/18075> (rus.).

21. The order of the Ministry of Construction of the Russian Federation “SP 42.13330.2016. SNiP 2.07.01–89* Urban planning. Planning and construction of urban and rural settlements” dated 12.30.2016 No. 1034/pr. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14465> (rus.).
22. SP 476.1325800.2020. Territories of urban and rural settlements. Rules of planning, development and improvement of residential neighborhoods. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/73525/> (rus.).
23. Resolution “On approval of standards for urban planning design of the Moscow region” dated 08.17.2015 No. 713/30. URL: <https://mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/postanovlenie-pravitelstva-moskovskoy-oblasti-ot-17082015-71330-ob-utverzhdenii-normativov-gradostroitelnogo-proektirovaniya-moskovskoy-oblasti> (rus.).
24. Resolution “On approval of the Regulations on the procedure for making a decision on approval of the draft territory planning and land surveying project in the Moscow Region” dated 08.17.2018 No. 542/29. URL: <https://mosreg.ru/dokumenty/normotvorchestvo/prinyato-pravitelstvom/postanovleniya-pmo/03-09-2018-16-26-44-postanovlenie-pravitelstva-moskovskoy-oblasti-ot> (rus.).
25. The order of the Ministry of the Russian Federation for Land Policy, Construction and Housing and Communal Services “On approval of methodological guidelines for calculating the standard sizes of land plots in condominiums” dated 08.26.1998 No. 59. URL: <https://docs.cntd.ru/document/58841185?section=status> (rus.).

About the author: **Olga Yu. Leptyukhova** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Urban Planning;; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 962842; e-mail: oy-2@mail.ru.

РОЛЬ СВЕТА В ВОСПРИЯТИИ И СОХРАНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ МОНАСТЫРЕЙ ПРИДОНЬЯ И ПРИОСКОЛЬЯ

Полина Юрьевна Вовженяк, Любовь Владимировна Качемцева

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова);
г. Белгород, Российская Федерация

Пещерные монастырские комплексы сегодня являются не только значимыми православно-паломническими центрами, но и объектами культурного наследия. Но есть и еще не исследованные пещеры, которые находятся в неудовлетворительном состоянии и без вмешательства со временем могут быть утрачены, что принесет большой ущерб для региона и России. В настоящее время проблема грамотного и квалифицированного подхода к освещению пещерных монастырей и храмов требует всемерного внимания, так как нарушение естественной световой среды пещеры является одним из факторов разрушения пещерного памятника. Цель статьи — выявить роль света как фактора влияния на сохранность пещерных монастырей Придонья и Приосколья как объектов культурного наследия России. В статье рассматриваются четыре аспекта влияния света на пещерные монастыри: влияние освещения на формирование архитектурных особенностей пещер; особенности восприятия архитектуры подземных пространств, базирующихся на характере их первоначального освещения; метафизические смыслы света культовых пещерных объектов; использование современных источников света. Методика исследования основана на комплексном анализе физических и метафизических свойств объектов пещерного культового строительства. Полную картину восприятия формирует комплекс сочетания внутреннего архитектурного пространства пещерного храма и состояние световоздушной среды. В освещении пещер определены свойства светопространств, наполняющих его, выявлен их фрагментарный характер. Семантическое значение света имеет в церковном зодчестве, к которому можно отнести и пещерные храмы, и монастыри, ряд толкований, они объединяют материальное значение света как освещения, света как эмоционального состояния и света как религиозной духовной категории. С данной стороны свет в пещерном храме имеет не столько функциональное, сколько духовно-мистическое значение, связанное с богослужением и церковной символикой. Большую роль свет играет в формировании микрофлоры пещер, его воздействие может оказывать влияние на образование микроорганизмов и плесени в замкнутых увлажненных помещениях. Выявлены факторы, формирующие основу подхода к выбору источника освещения пещерных монастырей.

Ключевые слова: свет, пещерные монастыри, меловые пещеры Придонья и Приосколья

Для цитирования: Вовженяк П.Ю., Качемцева Л.В. Роль света в восприятии и сохранении подземных монастырей Придонья и Приосколья // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 22–33. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.22-33

THE ROLE OF LIGHT IN THE PERCEPTION AND PRESERVATION OF THE UNDERGROUND MONASTERIES OF PRIDNESTROVIE AND PRIOSKOLYE

Polina Yu. Vovzhenyak, Lubov V. Kachemtseva

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov; Belgorod, Russian Federation

Cave monastery complexes today are not only significant Orthodox pilgrimage centers, but also objects of cultural heritage. But there are also caves that have not yet been explored, which are in unsatisfactory condition and, without intervention, may be lost over time, which will cause great damage to the region and Russia. Currently, the problem of a competent and qualified approach to lighting cave monasteries and temples requires full attention, because... disruption of the natural light environment of the cave is one of the factors in the destruction of the cave monument. The purpose of the article is to identify the role of light as a factor influencing the preservation of the cave monasteries of the Don and Prioskolye regions as objects of cultural heritage of Russia. The article discusses four aspects of the influence of light on cave monasteries: the influence of lighting on the formation of architectural features of caves; features of perception of the architecture of underground spaces, based on the nature of their initial lighting; metaphysical meanings of the light of cult cave objects; use of modern light sources. The research methodology is based on a comprehensive analysis of the physical and metaphysical properties of cave religious construction objects. The complete picture of perception is formed by a complex combination of the internal architectural space of a cave temple and the state of the light-air environment. In the lighting of caves, the properties of the light spaces filling it are determined, their fragmentary nature is revealed. The semantic meaning of light has a number of interpretations in church architecture, which includes cave churches and monasteries; they combine the material meaning of light as lighting, light as an emotional state and light as a religious spiritual category. From this side, the light in the cave temple has not so much a functional as a spiritual and mystical meaning associated with worship and church symbolism. Light plays a major role in the formation of the microflora of caves; its influence can influence the formation of microorganisms and mold in closed, humidified rooms. The factors that form the basis of the approach to choosing a lighting source for cave monasteries have been identified.

Keywords: an object of cultural heritage, historical buildings, urban planning, Belgorod, a place of interest

For citation: Vovzhenyak P.Yu., Kachemtseva L.V. The role of light in the perception and preservation of the underground monasteries of Pridnestrovie and Prioskolye. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3:22-33. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.22-33 (rus.).

Введение

Пещерные монастыри Придонья и Приосколья возникли в меловом грунте, широко распространенном на территории Белгородской, Воронежской и других граничащих областей. По историческим данным основателями некоторых из них являются выходцы из Киево-Печерской лавры, копавшие пещеры по образу и подобию тех, которые покинули во времена гонений [1]. Возникновению пещер на данной территории способствовали и природные условия в виде меловых отложений, выходящих на поверхность земли и удобных для пещерокопания. Пещеры отшельников стали символом стойкости православной веры и основой зарождения крупных монастырских комплексов, таких как Успенский Дивногорский монастырь, Троице-Никольский Холковский монастырь, Шатрищегорский Преображенский монастырь, Белогорский Воскресенский монастырь, Костомаровский Спасский женский монастырь и другие.

Свет как особый инструмент в создании и проявлении архитектуры используют давно. Гениальный зодчий А. Гауди говорил: «Архитектура — это распределение света» [2]. Наравне со всеми факторами, образующими архитектуру православных пещерных монастырей, свет, являющий себя в двух состояниях: физическом и метафизическом, заслуживает особого внимания исследователей [3]. Наследие культового пещерокопания Придонья и Приосколья предоставляют для осмысления и изучения этого феномена обширный материал.

На сегодняшний день пещерные монастырские комплексы являются значимыми центрами православного паломничества. Но многие пещеры еще не исследованы, находятся в неудовлетворительном состоянии и без вмешательства со временем могут быть утрачены, что принесет большой ущерб культурному наследию России. Уже сейчас изучение целого ряда пещер можно провести только по письменным источникам и воспоминаниям очевидцев. В настоящее время проблема грамотного и квалифицированного подхода к освещению пещерных монастырей и храмов требует всемерного внимания, так как нарушение естественной световой среды пещеры может стать причиной разрушения пещерного памятника [1].

Свет влияет на прочтение структуры пещерных пространств, форм, архитектурных деталей. Выявление приемов православного зодчества пещерных памятников, возникших без участия специалистов в области строительства и архитектуры, создате-

лями которых в большинстве случаев являются выходцы из простого народа, включает изучение аспектов семантики света как духовно-религиозной категории [3].

Цель статьи — выявить роль света как фактора влияния на восприятие и сохранность меловых пещерных монастырей, расположенных вблизи рек Дон и Оскол.

Задачи исследования:

1) выявить влияние освещения на формирование архитектурных особенностей рукотворных монастырских пещер;

2) определить особенности восприятия архитектуры подземных пространств пещерных монастырей, базирующихся на характере их первоначального освещения;

3) проявить метафизические смыслы света в культовых пещерных объектах;

4) проанализировать использование современных искусственных источников света в пещерах монастырей.

Объектом исследования явились подземные монастыри Придонья и Приосколья. Предметом исследования — свет, световая среда (либо полное ее отсутствие) подземных монастырских комплексов.

Методы и модели исследования

Методика исследования базируется на комплексном анализе объектов пещерного культового строительства, анализе исторических, краеведческих, искусствоведческих, богословских публикаций. Ее основой является анализ экспертных оценок сохранности подземных монастырских комплексов, натурное обследование, фотофиксация отдельных объектов. Тема света достаточно подробно изучена в контексте русского православного зодчества. Н.А. Петров-Спиридонов «Семантика “тварного” и “нетварного” света в русском церковном зодчестве» рассматривает вопрос семантики света в архитектурной среде русских православных храмов [4]. В научных трудах Н.И. Щепеткова выявлено влияние светового фактора на архитектурную среду города. Вопросы истории и развития пещерных монастырей рассматривают в своих трудах В.В. Степкин [1], Ю.В. Полева, Ю.А. Долотов, В.И. Плужников [5], И.А. Агапов [6], Ю.М. Могарычев [7]. Однако вопрос влияния фактора света в сакральных подземных сооружениях требует отдельного внимания, так как, по мнению авторов, имеет большое значение для полноты исследования пещерных памятников и их сохранения.

Особенности восприятия архитектуры подземных пространств пещерных монастырей

Пещеры в православии использовались для уединения и для проведения особой духовной практики, связанной с преображением человеческого духа через аскезу и уход от мира. В подземное убежище, куда не проникают звуки внешнего мира, солнечный свет, мешающие молитвенной сосредоточенности, — идеальные условия для соединения человека с Богом через «очищение сердца слезами» [4]. Свет — это энергия, которая помогает нам видеть и воспринимать окружающий мир. Освещение влияет не только на наше эмоциональное состояние, оно напрямую связано с тем, что чувствует наше тело. Свет влияет на наши конкретные действия, желания и эмоции.

В пространстве наземных христианских храмов освещение складывается из естественного и искусственного света. В пещерах естественный свет практически не проникает во внутренние коридоры, подземные храмы и кельи. Исходящий от лампы или свечи свет может быть единственным источником освещения, что создает особые условия восприятия и переживание этих пространств, которые обозреваются лишь частично. «Для того, кто в одиночку идет по коридору, темнота впереди рассеивается лишь на небольшое расстояние, а сзади тут же смыкается. Идущий как бы несет вместе с собой изменчивый фрагмент пространства, доступный зрению. В храмах, трапезных и кельях, где светильники стоят неподвижно, пространство лишено такой изменчивости, однако движения пламени и неравномерность его горения придают большую подвижность теням, то преувеличивая фактурные неровности, то смягчая четкость граней на свежесрубленных участках, то смазывая и без того нерезкий стык поверхностей, поврежденных осыпью» [5].

Внутреннее замкнутое пещерное пространство воспринимается иначе, чем пространство наземных храмов. Восприятие такого пространства отличается фрагментарным обзором и зависимостью от источника света. Оценить интерьер пещер можно лишь на небольшом расстоянии от себя, доступном зрению. Подвижность теней выявляется неровностями фактуры световых форм. Движение тени усиливает фактурность необработанной поверхности меловых стен. При этом криволинейные формы коридоров усиливают ощущение преобладания природной силы. Каменная масса зрительно движется. Ощущения необузданной природной силы подчеркивает сложная планировка пещерных комплексов, не определимая снаружи. Неожиданные повороты, подъемы и спуски, резкие разветвления криволинейных

коридоров дезориентируют, принуждают забыть внешний мир и довериться внутренним ощущениям. Непостоянный свет усиливает асимметрию помещений и ходов, привязанных к пустотам естественного происхождения, что, в свою очередь, усложняет запоминание пройденного пути и усиливает утомляемость, создавая ощущение большей протяженности по сравнению с действительной длиной пути [5]. На монотонно-нейтральный контекст сменяется обилие цветов внешнего мира, не различимых в полумраке — красок жизни. Монохромный цвет меловых стен здесь играет немаловажную роль. Таким образом, пещерный монастырь открывает перед нами иной мир, который постижим далеко не каждым. И возможно, чтобы познать этот духовный мир, необходимо пройти путь аскета, обрести единение с Богом.

Отмечается важность света и как фактора формирования своеобразия пещерной среды. Для копателей пещер в Придонье и Приосколье источником света были свечи. Искусственный свет взаимодействует с архитектурной формой в четырех основных ее видах и категориях: пространство, объем, пластика и цвет. Характер света оказывает важное влияние на все категории архитектурной формы [8]. Необходимо учитывать силу света, яркость отблесков, глубину теней, материал и цвет. Две главные составляющие световой среды — «наполненное» светом пространство (светопространство) и освещенные объекты (светоформы). В пещерах светопространство наполнено тьмой и воспринимаются лишь его отдельные части. Источник света не постоянен — меняет время и положение. При постоянном ярком свете светопространство и светоформы композиционно не состыковываются по своим светотехническим показателям из-за отсутствия их фотометрической совместимости. Образ пещерного монастыря будет иметь грубый неотесанный неудобный и неопрятный вид. Без искусственного света в пространстве пещеры мы не увидим ничего — «черный квадрат» [9]. Только с появлением индивидуальных источников искусственного освещения у нас в сознании формируется образ. Каждая свеча в темноте — это своего рода «волшебная палочка», способная придать пространству неожиданно камерное, уютное звучание, выхватить из мрака фрагмент пространства пещеры [10]. Если свет применить неграмотно, можно совершенно исказить существующие пространства, нарушить ориентацию человека. Задачей является поддержать существующий архитектурный образ пространства пещеры, сохранив композиционную целостность и подчеркнув необходимые визуальные особенности.

Первоначальное световое поле меловых пещер характеризуется низким общим уровнем освещен-

ности (или светонасыщенности), сложным тенеобразованием и стихийной динамикой. Распределение яркостей — решающий фактор зрительного восприятия [11]. В основе концепции освещения пещерного монастыря должен стоять принцип самодостаточности. Световое решение, обладающее этим свойством, исключает любую избыточность. Оно должно быть сдержанным, деликатным по отношению к среде и ее уникальным особенностям.

Итак, восприятие архитектуры пещерного монастыря имеет фрагментарный характер и зависит от источника света. Источник света образует светопространство, имеющее определенные свойства:

- геометрическая форма. Светопространство принимает форму направления световых лучей, которая не всегда совпадает с криволинейной асимметричной формой поверхности пещеры. В данном случае образ не имеет ассоциативных аналогов с другой архитектурной формой;
- фактура. Освещение усиливает фактуру необработанной поверхности меловых стен за счет глубины теней и отблесков. При движении источника света в движение приходят и тени, выявляя природную форму поверхности;
- размер. Делая видимым определенный участок (фрагмент), свет разделяет пещеру на структурные элементы. Их размер и количество определяется интенсивностью света и количеством его источников;
- цветовой спектр. Природный монохромный цвет поверхности меловых стен попадает в полную зависимость от цветового спектра искусственного источника и меняет свои характеристики и специфику восприятия при изменении длин световых волн;
- светонасыщенность. Пространству пещер свойственен низкий уровень освещенности, при этом количество света должно быть достаточным для функционирования отдельных частей пещерного монастыря — проведения богослужений в храме, проведения экскурсий. При этом насыщение светом может носить временный характер.

Внутреннее архитектурное пространство пещерного храма и состояние световоздушной среды формирует полную картину восприятия. При движении источника света фрагменты световоздушной среды соединяются друг с другом, создавая целостный образ. Используя данные свойства, можно придать объемно-пространственной форме пещерного монастыря определенные характеристики, оптимально соответствующие функциональному назначению, тесно связанному с уникальной психоэмоциональной средой обитали. При наличии источников с чрезмерной яркостью, высокой контрастностью и неоднородностью освещения, разнообразным направлением

световых потоков с разной интенсивностью и цветностью излучения свойства светопространства пещеры будут изменены, что повлияет на архитектурный образ в целом и нарушит восприятие пространственной структуры.

Планировка и световая среда воздействуют на человеческий организм при переходе из внешнего мира в подземный, что способствует торможению телесной жизни и освобождению души [4]. Пещерный монастырь уже не есть «рукотворный мир», он своим устройством, в целом, символизирует образ царства небесного — Храма Божьего, это место хриstopодражательского подвига, аскетического подземного жилья и особой формой погребения. Общая идея объединяет все части подземного сооружения в одно символическое целое [9].

Все структурные элементы пещерного пространства разделяются на несколько групп и для каждой из них должно создаваться свое решение, объединяющее их в единое целое. Индивидуальный подход может быть применен и к отдельным объектам внутри каждой составляющей части пещерного монастыря в зависимости от их местоположения и функционального назначения. Создание обособленной зональной системы освещения в пещерах позволит выявить их индивидуальную архитектурно-пластическую структуру, определить последовательность выделения зон, сформировать системы ориентации посетителей, создать акцент на определенных деталях, выявить природные формы. Данный подход позволит сбалансировать сочетание общего освещения и детальной световой проработки отдельных объектов и зон. Такой баланс будет способствовать выделению наиболее эффектных архитектурных деталей; повышению эстетических характеристик объекта, созданию нового характера его восприятия; усилению безопасности объекта, его коммуникаций.

Священник Павел Флоренский писал: «Далеко не безразличен способ, каким она (икона) освещена, и, конечно, для художественного бытия иконы освещение ее должно быть именно то самое, ввиду которого она написана... Писанная приблизительно при тех же условиях, в келье полутемной, с узким окном, при смешанном с искусственным освещении, икона оживает только в соответствующих условиях... Электрический свет убивает краску и нарушает равновесие цветовых масс; нельзя рассматривать икону в богатом синими и фиолетовыми лучами электрическом свете. Электрический свет, как ожог, уничтожает и психическую восприимчивость» [12]. Похожие мысли возникают по отношению пещерных монастырей.

Рукотворные пещеры монастырей в меловых отложениях Придонья и Приосколья создавались при свечах, что наложило особый отпечаток на архи-

тектуру этих объектов. Создатели пещерных монастырей в полной мере использовали возможности каменной породы. Естественные пустоты обрели геометрически определенную форму и превратились в мощный инструмент психологического воздействия. Если применять данный вид освещения и сегодня, выделяя отдельные зоны и световые формы более интенсивным светом, можно добиться объединения светопространств и достижения эффекта целостности структурных элементов монастыря.

Метафизические смыслы света в культовых пещерных объектах

К термину «свет» в церковном зодчестве применимы несколько толкований, понятие объединяет в себе материальное значение света как освещения, света как эмоционального состояния и света как религиозной духовной категории. Есть предположение, что приемы церковного зодчества изначально предполагают развитие архитектурного образа не только в направлении создания эмоционально-художественных эффектов, но и как части духовного состояния человека [3].

В XIV в. в Византии св. Григорием Паламой на основе учения исихазма была сформулирована мысль о том, что аскет, достигший вершины молитвенного состояния, может видеть светоизлучение энергии Божества в совершенно конкретном смысле. Это излучение имеет название «Фаворский свет», он подобен тому, что видели ученики Христа на горе Фавор во время его преображения. «Бога называют Светом не по Его существу, но по Его энергии», — слова из писания святого Григория Паламы. Для аскетов незримый Фаворский свет имеет основополагающее значение, а зримый чувственный свет всего лишь его символ в материальном мире. Увидеть невещественный, несозданный человеком Божественный свет, отличный, по существу, от внешнего, природного, вещественного и есть цель аскетического подвига. Сакральная атмосфера пещерного храма символизирует, что весь материальный мир погружен во тьму, внешний свет не допускался внутрь пещерной обители, либо допускался в очень ограниченном количестве, потому как истинный свет для духовного сознания только Божественный свет, свет Христа, свет будущей жизни в Царствии Божием, которое символически отражается существованием пещерного православного храма как царствия небесного на земле [13].

При анализе роли темноты и видимого света как средств выявления архитектурно-художественного образа пещерного решения, основанных на физически осязаемой светотени, могут быть не столь значимы, как в принципе и для всего церковного зодче-

ства. На многих образцах древнерусской иконописи светотень игнорируется. Пример: Святая Троица. Преподобный Андрей Рублев. В миропонимании человека православного вероисповедания, ощущение, исходящее от почитаемых икон, храмов, святых мест, можно описать как чувство благодати: чувство света и спокойствия внутри. Храм в понимании верующего оценивается не как «вещь», а прежде всего как «свет». Если человек стремится увидеть духовный свет, то он может его увидеть в произведениях архитектуры и искусства. В полной темноте разум, сердце, душа человека могут формировать определенные образы — и каждый человек вкладывает в этот образ свои оттенки, свои представления о храме [4]. Поэтому задачей церковного зодчества является создание произведений, передающих внутренний духовный свет, при котором физическая красота формы уходит на второй план. По христианскому учению сам человек является храмом Божиим, который украшается добродетелями, а благолепие, материализовавшееся через виды церковного искусства, являет нам величие Божие и Красоту Его Царства. Нарядность и богатство внешнего убранства наземных храмов кажутся притягательными и соответствующими положенному величию храма, но от неброских пещерных храмов можно ощутить глубокое — «истинное» чувство благодатного воздействия, ощущая духовный свет во тьме земли.

Таким образом, изначальная ориентация архитектора-проектировщика на материально декоративные приемы, на вещественно-красивую объемно-пространственную компоновку композиции к православным пещерам не подходит, так как ввести состояния пространства храма, воспринимаемые как семантические компоненты присутствия горного Света, четко следуя выполнению завершенной материально-декоративной композиции, маловероятно. Пещерные монастыри возводились обычными людьми, не имевшими специального образования и навыков, которые руководствовались душевными мотивами и верой. Устоявшийся термин «дематериализация» (пространства храмов) по смыслу коррелирует с изучаемыми проблемами создания Небесного света. Прочтение форм пещерного монастыря должно включать не столь изучение возможных семантических аспектов отображения «света» видимого осязаемого как «света» духовного в православном миропонимании. С данной точки зрения пещерный храм, монастырь — идеальное место для понимания духовного мира, для достижения познания света божественного, так как внешний материальный свет не имеет главенствующей роли в темных замкнутых коридорах и помещениях. Здесь во тьме земной проявляется свет небесный. Поэтому задача освещения

и создания световой атмосферы храма пещерного монастыря должна решаться с церковной позиции, по которой свет в храме имеет не столько функциональное, сколько духовно-мистическое значение, связанное с богослужением и церковной символикой.

Использование современных источников света в пещерах монастырей

Для того чтобы адаптировать памятники к современному использованию, которое предполагает их музеефикацию, приобщение к православной литургической деятельности — проведение обрядов богослужения, посещение паломниками и туристами и т.п., просто необходимо освещение темных пространств пещер. Но насколько это освещение может изменить внутреннюю среду, и какое влияние окажут современные источники искусственного освещения — вопрос, требующий индивидуального подхода в каждом конкретном случае.

Большую роль свет играет в формировании микрофлоры пещер. На сохранность подземного объекта и условия пребывания человека в пещерах основополагающее воздействие оказывает уникальный микроклимат, образовавшийся в подземном пространстве. Микроклимат пещер очень восприимчив к малейшим изменениям среды и может терять свои свойства при нарушении стабильности состояния факторов его формирования. Скорость и характер происходящих изменений среды зависят от числа факторов, воздействующих на материалы, их сочетания и интенсивности воздействия. Эти необратимые изменения сохраняются даже после устранения воздействий, которые их вызвали, что неизбежно приводит и к ускорению процесса старения, которое происходит с течением времени в результате совокупности химических и физических превращений [14].

Микроклимат отдельных участков выступает регулятором большинства физических, химических и физико-химических процессов в пещерах (коррозии, минералогенеза, конденсации, криогенеза), является одним из главных экологических факторов жизни троглобионтных и троглофильных организмов [15]. Естественная среда пещерного монастыря и одна из его микроклиматических особенностей — отсутствие света. С этим фактом связаны особенности внутренней микрофлоры памятников, сохраняющихся практически в неизменном виде уже несколько веков несмотря на то, что внешняя наземная инфраструктура меняется довольно динамично. От первых наземных строений, образованных на территориях пещерных монастырей, уже практически ничего не осталось. Об их существовании и облике мы можем иметь представления лишь из архивных мате-

риалов. Однако подземная часть монастырей сохранена в достаточно хорошем состоянии за счет своего замкнутого микроклимата, не связанного с внешней средой, и во многом, отсутствия естественного освещения.

Солнечный свет является важным условием существования большинства известных бактерий, которые осуществляют свою деятельность при свете, замедляя ее в темное время суток и прекращая при постоянной полной темноте. Также при отсутствии света значительно тормозится спорообразование, что замедляет процесс образования плесени.

Естественный свет определенным образом воздействует на живые системы:

1) активизирует так называемые фотобиологические процессы синтеза органических соединений, у зеленых растений идет фотосинтез — процесс образования органических веществ из неорганических под действием солнечного света;

2) солнечные лучи регулируют биохимические процессы в организме, рост и развитие организма. Такие солнечные лучи влияют на поведение организма, у растений это проявляется фототропизмом, у животных — фототаксисом;

3) существует абиогенное действие солнечного света, когда погибают живые организмы (ультрафиолетовые лучи вызывают очищение организмов — их гибель).

Появление солнечного света в пещерном пространстве губительно для него и негативно влияет на сохранность памятника.

Есть примеры, когда в ходе реконструкции, либо нововдела в пещерах появлялся источник света (проем, окно) и микрофлора менялась, неся неожиданно негативные последствия.

Пещерный храм в Малых Дивах комплекса Дивногорье Воронежской области (рис. 1) имеет несколько временных этапов строительства XVII–XIX вв. Основная его часть была сформирована во второй половине XVII в. В XIX в. были проведены восстановительные работы входной части пещерного храма. Подпорной стеной было укреплено разрушенное основание неровной меловой скалы, прямолинейный карниз отделял расширенное неровное основание скалы от западного фасада церкви, облицованного меловыми блоками. Широкие арочные проемы с окнами наружу — одно из немногих добавлений XIX в. [16]. Появление естественного света привело к образованию органической среды во влажных пещерах. В непосредственной близости к оконным проемам наблюдается значительное скопление плесени, жизнедеятельность которой невозможна без источника естественного света. В той части пещер, куда свет не проникает, плесени нет.



Рис. 1. Пещерный храм в Малых Дивах. Фотофиксация. Современное состояние. Фото из собственного архива

Результаты и обсуждение

Имеет ли негативное влияние использование современных электрических источников света в пещерных монастырях? Известно, что воздействие света может ускорять реакцию и рабочие процессы организма человека. Теплый свет расслабляет и создает атмосферу уюта, а более холодные тона помогают организму концентрироваться и настраивают на рабочий лад. Итак, теплый свет свечи помогает расслабиться, замедляя процессы жизнедеятельности организма, холодный же, наоборот, держит нас в тонусе, заставляет быть бодрее и энергичнее. В темноте изменяются процессы функционирования человеческого организма: замедляется работа мозга, а также многие физиологические процессы. В организме человека

происходит процесс адаптации к нестандартным, экстремальным условиям жизнедеятельности. Главной чертой адаптации к условиям отсутствия света является экономичность функционирования систем организма, рациональное использование малого количества энергии. Процесс адаптации характеризуется физиологическими, биохимическими и морфологическими сдвигами, возникающими на разных уровнях организации от организменного до молекулярного. Важным показателем адаптационной перестройки организма является повышение его защитных свойств и способность осуществлять быструю и эффективную мобилизацию иммунных систем. Экспериментальным способом выявлено, что постоянная темнота вызывает стимуляцию секреции эпифизарного гормона мелатонина, обладающего сильным антиоксидантным

эффектом [17]. Очевидно, что для человека, избравшего путь аскезы и уединения в пещерах, электрический свет не подходит ни с физиологической точки зрения, ни с религиозной, отрицающей внешнюю сторону человеческой сущности. Неправильный световой режим заметно влияет на утомляемость и психоэмоциональное состояние человека.

Некоторые монастыри Придонья и Приосколья уже перешли на систему освещения электрическим светом [18]. Пещеры, принадлежащие Троице-Никольскому Холковскому монастырю, после этапа восстановления и открытия монастыря в 1999 г. были оснащены искусственными источниками света. Также искусственное освещение используется в пещерах Костомаровского Спасского женского монастыря Воронежской области, монастыря Игнатия Богоносца г. Валуйки Белгородской области.

Спектр света, составленный из разнообразных длин волн, играет непосредственную и критически важную роль в регулировании и поддержании фотосинтеза. Выбор специфических длин волн света может стимулировать определенные физиологические процессы. Уже сегодня светодиодное освещение, основанное на взаимодействии влияния красного и синего цветов, активно используется в сельском хозяйстве для усиления роста растений. Соответственно, если рост растений, в том числе образование плесени, нежелателен, использование светодиодов в пещерах в качестве постоянного источника света неуместно [14]. Влажность мела в пещерах Придонья и Приосколья высока, что позволяет данному материалу быть пригодным для пещерокопаний, влияя на прочность породы. В условиях повышенной влажности постоянный свет естественно благотворно влияет на образование плесени и грибка.

На фотографиях, сделанных в пещерах Троице-Никольского Холковского монастыря, видно, как в местах, где установлены светодиодные лампы, проявились скопления плесени. При этом нужно учесть, что реставрация пещеры была проведена относительно недавно (XXI в.). В Костомаровском Спасском женском монастыре (рис. 2, 3), где также установлено светодиодное освещение, начинают проявляться следы плесени вблизи источников света. В пещерных коридорах Успенского Дивногорского монастыря не установлены источники света, здесь плесень не обнаружена.

В таких пещерных монастырях, как Белогорский Воскресенский монастырь, Успенский Дивногорский монастырь, Шатрищегорский Преображенский монастырь, Святогорская лавра и других искусственный свет не проведен. Здесь для освещения используются лишь свечи, что абсолютно гармонирует с семантической сущностью обитателей и не несет вредоносных последствий для подземной замкнутой микрофлоры.

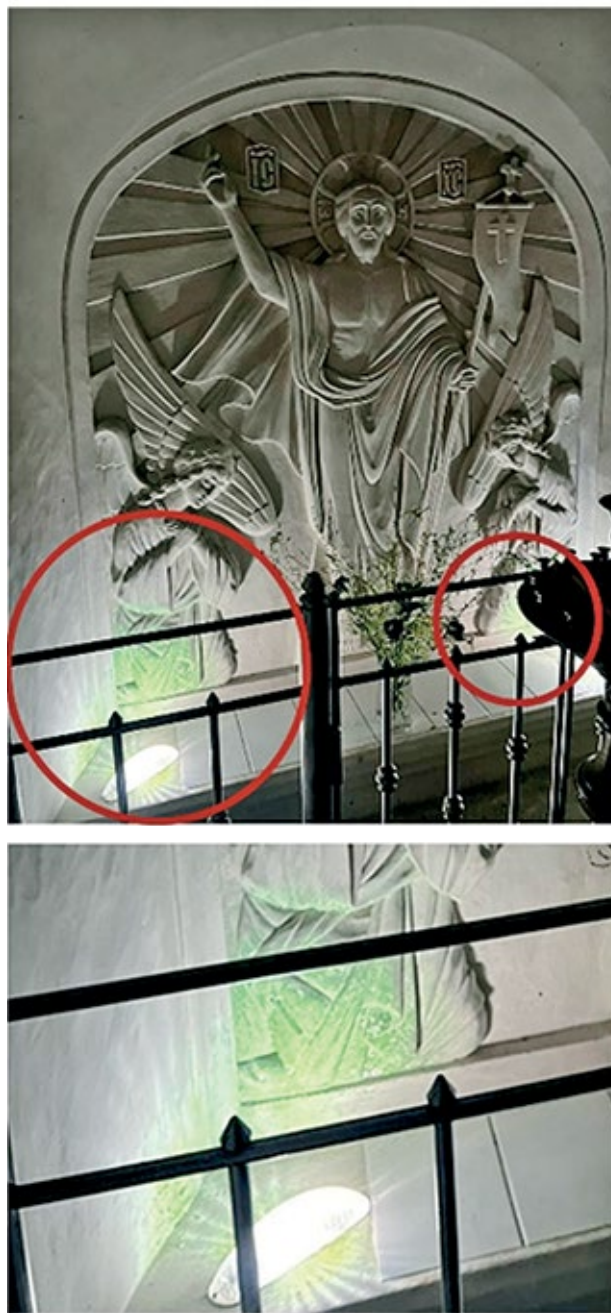


Рис. 2. Фотофиксация пятен плесени, расположенных в непосредственной близости к источникам искусственного освещения в пещерах, принадлежащих Троице-Никольскому Холковскому монастырю. Фото из собственного архива

На фотографиях пятен плесени возле источников света не обнаружено (рис. 4). Внутреннее пространство при данном освещении воспринимается целостным, объединяются структурные элементы пещер, выделяются акценты в значимых местах.

Применение искусственного светодиодного освещения в пещерных монастырях ведет к нарушению микроклимата, к его негативному воздействию на сохранность и внешний вид памятника, а также на пребывание в нем человека с физической и психологически-эмоциональной стороны. Наиболее



Рис. 3. Фотофиксация пятен плесени, расположенных в непосредственной близости к источникам искусственного освещения в пещерах, принадлежащих Костомаровскому Спасскому женскому монастырю. Фото из собственного архива

благоприятен в таких условиях временный теплый свет свечи, при котором и создавались пещеры. Он не нарушает микрофлору и создает состояние умиротворенности обители, подчеркивая принадлежность объектов культурного наследия к православной религии. Возможность частичного временного применения искусственных светоприборов с теплым спектром световых волн требует более глубокого изучения со стороны физических свойств света в данных условиях.

Выводы

На сегодняшний день четкого подхода к охране и эксплуатации пещерных храмов и монастырей как части культурного наследия России не разработано. Проникновение как естественного, так и искусственного света, безусловно, оказывает влияние на бытование и сохранность таких памятников. Для их интеграции в современную культурную, литургическую, туристическую и т.п. деятельность уже применяются различные методы освещения, что не всегда положи-



Рис. 4. Фотофиксация пещер Белогорского Воскресенского монастыря. Фото из источников интернета открытого доступа [14]

тельно влияет на сохранение их изначальных духовных смыслов и физического состояния. Влияние света на пещерные монастыри Придонья и Приосколья рассмотрено со стороны нескольких аспектов:

- первоначальное значение освещения в культовых пещерах и способы его формирования;
- восприятия архитектуры внутреннего пространства;
- религиозные и семантические смыслы;
- физиологическое влияние света на внутренний микроклимат.

Влажная среда меловых пещер, расположенных на данных территориях, диктует свои правила их обустройства и использования. Проведя анализ особенностей архитектуры подземных пространств пещерных монастырей, можно предположить, что фрагментарный характер восприятия внутреннего пространства наиболее гармонично проявляется при освещении горящей свечи, при свете которой и создавались рукотворные пещеры данной группы. Семантические аспекты света в пещерном монастыре ориентированы на отображение духовного света в православном миропонимании, нежели света осязаемого, что отрицает преобладание освещения над природной темнотой обители и также обосновывает временное освещение светом свечи. Излишнее навязчивое искусственное освещение, конечно же, приводит к утрате аутентичных смыслов святости

и уничтожает уникальную сакральную световоздушную среду. Также следует отметить негативное влияние активного искусственного и естественного света на микроклимат пещерных памятников, появление которого способствует образованию плесени и грибов. Роль света как фактора формирования своеобразия пещерной среды, проявления ее свойств влияния на психоэмоциональное и физическое состояние человека является значимой частью в разработке методики сохранности пещерных объектов культурного наследия.

Исследование показывает, что при выборе оптимального источника освещения в пещерных монастырях должен применяться индивидуальный подход, на который оказывают влияние следующие факторы:

- физический. Влияние света на микроклимат пещер;
- функциональный. Современное использование, метод сохранности памятника;
- эмоционально-эстетический. Пространственное восприятие человеком;
- духовный. Семантический и аутентичный смысл.

Данные факторы определяют, насколько освещение может изменить естественную своеобразную среду пещер, что позволит предотвратить ее разрушение и даст возможность сохранения пещерных монастырей, их приспособления к современной жизни.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Степкин В.В.* Пещерные памятники Среднедонского региона // Культурные пещеры Среднего Дона. Вып. 4. М. : РОСИ, 2004. С. 41–137. (Сер. Спелестологические исследования).
2. *Левит-Броун Б. Антонио Гауди. Зодчий храма.* СПб. : Алетей, 2020. 280 с.
3. *Хоровецкая Е.М.* Светодекоративная организация архитектурной среды : учебное пособие. Астана, 2009. С. 60.
4. *Петров-Спиридонов Н.А.* Семантика «тварного» и «нетварного» света в русском церковном зодчестве // Архитектура и современные информационные технологии. 2021. № 3. С. 195–213. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-3-195-213
5. *Плужников В.И.* Пещерные монастыри на Дону и Осколе // Памятники русской архитектуры и монументального искусства. М. : Наука, 1985. С. 93–115.
6. *Агапов И.А., Долотов Ю.А., Каминский С.В., Лазаридис Г., Макростергиос Л., Гиорев В.И. и др.* Пещеры Святой горы Афон (Греция): краткие итоги экспедиций 2013–2014 гг. // Спелеология и спелеология : сб. мат. Междунар. науч. заоч. конф. Набережные Челны : НИСПТР, 2014. С. 286–296.
7. *Могаричев Ю.М.* Пещерные сооружения средневековых городищ юго-западного Крыма // Проблемы истории «пещерных городов» в Крыму. Симферополь, 1992. С. 5–132.
8. *Вовженяк П.Ю.* Фактор цвета в архитектурной среде города Белгорода // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2018. № 2 (22). С. 114–120.
9. *Лидов А.М.* Иеротопия. Создание сакральных пространств как вид творчества и предмет исторического исследования // Иеротопия. Создание сакральных пространств в Византии и Древней Руси : сб. мат. Междунар. симп. / ред.-сост. А.М. Лидов. М. : Индрик, 2006. С. 9–31.
10. *Плужников В.И.* Термины российского архитектурного наследия: Архитектурный словарь. М. : Искусство-XXI век, 2011. 424 с.

11. Щепетков Н.И. Физика света в архитектуре будущего // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2021. № 1 (54). С. 248–261. URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/1kvart21/PDF/16_shchepetkov.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-248-261
12. Кеслер М.Ю. Свет в архитектуре православного храма // *Церковный Строитель*. 2010. № 26. URL: <http://kesler.ortox.ru/2013/01/09/svet-v-arxitekture-pravoslavnogo-xrama/> (дата обращения: 27.04.2024).
13. Климов О.С. Исихия и философия в доктрине Григория Паламы // *Философская мысль*. 2017. № 5. DOI: 10.7256/2409-8728.2017.5.22444
14. Кириченко Л.В., Кадебская О.И., Исаевич А.Г., Баранников В.Г., Русанова Е.А. Гигиенические исследования в карстовой пещере // *Пермский медицинский журнал*. 2012. Т. 29. № 1. С. 97–100. EDN: ORQUJX
15. Степкин В.В. Калачеевская пещера (к истории изучения) // *Верхнедонской археологический сборник*. Вып. 2. Липецк : ЛГПУ, 2001. С. 261–269.
16. Захарова Е.Ю., Кондратьева С.К. Архитектурные и археологические памятники Дивногорья (история изучения) // *Труды музея-заповедника «Дивногорье»*. Вып. 2. Воронеж : Кварта, 2011. 216 с.
17. Ильина Т.Н., Баишикова И.В., Хижский Е.А. Влияние постоянной темноты, мелатонина и его антагониста лузиндола на содержание ретинола и токоферола у крыс // *Труды Карельского научного центра РАН*. № 6. Петрозаводск, 2019. С. 103–112. DOI: 10.17076/eb1037
18. Степкин В.В. Афон и Подонье в конце XIX начале XX вв.: контакты в контексте возрождения Шатрищегорского пещерного монастыря // *Вестник Православного Свято-Тихоновского гуманитарного университета*. Серия II: История. История Русской Православной Церкви. 2017. Вып. 75. С. 39–54.

Об авторах: **Полина Юрьевна Вовженяк** — старший преподаватель кафедры архитектуры и градостроительства; **Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова)**; Российская Федерация, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46; РИНЦ ID: 964219; e-mail: polina.vov@mail.ru;

Любовь Владимировна Качемцева — кандидат архитектуры, доцент; **Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (БГТУ им. В.Г. Шухова)**; Российская Федерация, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46; РИНЦ ID: 964219; e-mail: kachemtsevalubov@gmail.com.

REFERENCES

1. Stepkin V.V. Cave monuments of the Middle Don region. *Cult caves of the Middle Don. Issue. 4*. Moscow, ROSI, 2004; 41-137. (Ser. Speleological Research). (rus.).
2. Levitt-Brown B. *Antonio Gaudi. The architect of the temple*. St. Petersburg, Alethea Publ., 2020; 280. (rus.).
3. Khorovetskaya E.M. *Lighting and decorative organization of the architectural environment : textbook*. Astana, 2009; 60. (rus.).
4. Petrov-Spiridonov N.A. Semantics of “created” and “uncreated” light in Russian church architecture. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2021; 3:195-213. DOI: 10.24412/1998-4839-2021-3-195-213 (rus.).
5. Pluzhnikov V.I. Cave monasteries on the Don and Oskol. *Monuments of Russian architecture and monumental art*. Moscow, Nauka Publ., 1985; 93-115. (rus.).
6. Agapov I.A., Dolotov Yu.A., Kaminskiy S.V., Lazaridis G., Makrostergios L., Giorev V.I. et al. Caves of Holy Mount Athos (Greece): brief results of expeditions 2013–2014. *Speleology and speleology : collection of materials of the international scientific correspondence conference*. Naberezhnye Chelny, NISPTR Publ., 2014; 286-296 (rus.).
7. Mogarichev Yu.M. Cave structures of medieval settlements in the southwestern Crimea. *Problems of the history of “cave cities” in Crimea*. Simferopol, 1992; 5-132. (rus.).
8. Vovzhenyak P.Yu. Color factor in the architectural environment of the city of Belgorod. *Biosphere compatibility: people, region, technologies*. 2018; 2(22):114-120. (rus.).
9. Lidov A.M. Hierotopy. Creation of sacred spaces as a type of creativity and a subject of historical research. *Hierotopy. Creation of sacred spaces in Byzantium and Ancient Rus’ : collection of materials of the International Symposium*. A.M. Lidov (ed.-compiler). Moscow, Indrik Publ., 2006; 9-31. (rus.).
10. Pluzhnikov V.I. *Terms of Russian architectural heritage: Architectural Dictionary*. Moscow, Art-XXI century Publ., 2011; 424. (rus.).
11. Shchepetkov N.I. Physics of light in the architecture of the future. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2021; 1(54):248-261. URL: https://marhi.ru/AMIT/2021/1kvart21/PDF/16_shchepetkov.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2021-1-248-261 (rus.).
12. Kesler M.Yu. Light in the architecture of an Orthodox church. *Church Builder*. 2010; 26. URL: <http://kesler.ortox.ru/2013/01/09/svet-v-arxitekture-pravoslavnogo-xrama/> (accessed 27.04.2024). (rus.).
13. Klimkov O.S. Hesychia and philosophy in the doctrine of Gregory Palamas. *Philosophical thought*. 2017; 5. DOI: 10.7256/2409-8728.2017.5.22444 (rus.).

14. Kirichenko L.V., Kadebskaya O.I., Isaevich A.G., Barannikov V.G., Rusanova E.A. Hygienic studies in a karst cave. *Perm Medical Journal*. 2012; 29(1):97-100. EDN: ORQUIX (rus.).
15. Stepkin V.V. Kalacheevskaya Cave (on the history of study). *Verkhnedonskaya archaeological collection*. Vol. 2. Lipetsk, Leningrad State Pedagogical University, 2001; 261-269. (rus.).
16. Zakharova E.Yu., Kondratieva S.K. Architectural and archaeological monuments of Divnogorye (history of study). Zakharova. *Proceedings of the Divnogorye Museum-Reserve. Issue 2*. Voronezh, Kvarta Publ., 2011; 216. (rus.).
17. Ilyina T.N., Baishnikova I.V., Khizhkin E.A. The effect of constant darkness, melatonin and its antagonist lusindole on the content of retinol and tocopherol in rats. *Proceedings of the Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. No. 6*. Petrozavodsk, 2019; 103-112. DOI: 10.17076/eb1037 (rus.).
18. Stepkin V.V. Athos and the Don region at the end of the 19th and beginning of the 20th centuries: contacts in the context of the revival of the Shatrishchegorsk cave monastery. *Bulletin of the Orthodox St. Tikhon's Humanitarian University. Series II: History. History of the Russian Orthodox Church*. 2017; 75:39-54. URL: http://www.belmon.ru/fotogallereya/avtorskie_fotografii_smirnova_s_v_i_smirnova_s_s/?p=4 (rus.).

About the authors: **Polina Yu. Vovzhenyak** — Graduate student of the Department of Architecture and Urban Planning; **Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov**; 46 Kostyukova st., Belgorod, 308012, Russian Federation; RSCI ID: 964219; e-mail: polina.vov@mail.ru;

Lubov V. Kachemtseva — Candidate of Architecture, Assistant Professor; **Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov**; 46 Kostyukova st., Belgorod, 308012, Russian Federation; RSCI ID: 964219; e-mail: kachemtsevalubov@gmail.com.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ФАСАДОВ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ ТЕРМИЧЕСКОГО НАГРЕВА ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗАСТРОЙКИ (на примере жилого комплекса в г. Майкоп)

Оксана Николаевна Сокольская, Софья Витальевна Василенко

Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ); г. Краснодар, Российская Федерация

В данной статье рассматривается актуальная проблема повышения качества проектируемой застройки с учетом факторов окружающей среды, которая является одной из главных задач современной строительной климатологии. Описаны пути развития современной архитектуры общественных зданий, связанные с применением кинетических фасадов. Рассмотрены архитектурно-планировочные особенности проектирования застройки на территории республики Адыгея. В данном исследовании при анализе территории застройки города Майкоп были использованы опубликованные спутниковые снимки от 22 августа 2022 г. с космического аппарата Landsat-8 с сенсором TIRS. Был проанализирован термический режим подстилающей поверхности в городе, выявлены очаги аномально высоких температур подстилающей поверхности среди городской застройки. Установлено, что эти тепловые аномалии напрямую зависят от особенностей объемно-планировочной структуры застройки и ее благоустройства. Такие фасадные конструкции позволяют регулировать поток прямых солнечных лучей на стены зданий, в помещении и на придомовой территории. В оценке тепло-ветрового режима пристенного слоя определяющими характеристиками процесса теплопередачи через вентилируемую воздушную прослойку между поверхностью стены и жалюзийным устройством являются скорость потока воздуха, площадь поперечного сечения прослойки, длина прослойки, толщина прослойки. Рассматривая строительно-климатические районы III и IV, определяем основные требования, предъявляемые к архитектурно-строительным, объемно-планировочным решениям застройки. Приведена оценка развития существующей планировки и застройки города, на основании которой описаны пути модернизации фасадов жилых зданий. Для повышения комфортности внутри зданий и на территории предлагается использование солнцезащитных жалюзийных фасадов, кинетических фасадов и пассивных гелиосистем.

Ключевые слова: градостроительство, климат, застройка, территория, летний период, температура подстилающей поверхности, кинетические фасады

Для цитирования: Сокольская О.Н., Василенко С.В. Модернизация фасадов многоэтажного жилого здания с учетом термического нагрева подстилающей поверхности застройки (на примере жилого комплекса в г. Майкоп) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 34–41. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.34-41

MODERNIZATION OF FACADES OF A MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING TAKING INTO ACCOUNT THE THERMAL HEATING OF THE UNDERLYING SURFACE OF THE BUILDING (using the example of a residential complex in Maykop)

Oksana N. Sokolskaya, Sofya V. Vasilenko

Kuban State Technological University (KubSTU); Krasnodar, Russian Federation

This article discusses the actual problem of improving the quality of the projected buildings, taking into account environmental factors, which is one of the main tasks of modern building climatology. The ways of development of modern architecture of public buildings related to the use of kinetic facades are described. The architectural and planning features of the design of buildings on the territory of the Republic of Adygea are considered. In this study, the published satellite images from August 22, 2022 were used in the analysis of the development area of the city of Maikop from the Landsat-8 spacecraft with a TIRS sensor. The thermal regime of the underlying surface in the city was analyzed, and foci of abnormally high temperatures of the underlying surface among urban buildings were identified. It has been established that these thermal anomalies directly depend on the features of the spatial planning structure of the building and its landscaping. Such facade structures allow you to regulate the flow of direct sunlight on the walls of buildings, indoors and on the territory of the house. In assessing the heat and wind regime of the wall layer, the determining characteristics of the heat transfer process through a ventilated air gap between the wall surface and the louver device are the air flow rate, the cross-sectional area of the interlayer, the length of the interlayer, the thickness of the interlayer. Considering the construction and climatic regions III and IV,

we determine the basic requirements for architectural and construction, spatial planning solutions for buildings. The assessment of the development of the existing layout and development of the city is given, on the basis of which the ways of upgrading the facades of residential buildings are described. To increase comfort inside buildings and on the territory, the use of sun-protection louvered facades, kinetic facades and passive solar systems is proposed.

Keywords: urban planning, climate, building, territory, summer period, temperature of the underlying surface, kinetic facades

For citation: Sokolskaya O.N., Vasilenko S.V. Modernization of facades of a multi-storey residential building taking into account the thermal heating of the underlying surface of the building (using the example of a residential complex in Maykop). *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3:34-41. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.34-41 (rus.).

Введение

Разработка научных методов и способов повышения качества проектируемой застройки с учетом факторов окружающей среды является актуальной задачей строительной климатологии. Проблема формирования теплового комфорта среди городской застройки в жаркое время года при проектировании в южных городах Российской Федерации, расположенных в III и IV строительно-климатических районах, является актуальной научной задачей.

При повышении эффективности организации жилой застройки в условиях воздействия природных факторов стоит учитывать, что застройка — это комплекс градостроительных и архитектурно-планировочных элементов, формирующих основные показатели биоклиматического комфорта, в частности, теплоощущения организма человека.

В условиях юга Российской Федерации расположены множество крупных городов и поселений, где важнейшей задачей градостроительного и архитектурно-планировочного проектирования является нормализация теплового комфорта с учетом термического нагрева подстилающей поверхности, формирование благоприятных микроклиматических условий в жаркий летний период, а также борьба с перегревом в помещении и на придомовой территории. Микроклимат помещений находится в полной взаимосвязи с микроклиматом придомовой территории, формируемый планировочным решением застройки, элементами благоустройства, структурой озеленения, а также солнцезащитными мероприятиями на фасадах.

Климатические воздействия окружающей среды, степень нагрева подстилающей поверхности определяют тепловое состояние человека как на придомовой территории, так и в помещении. Дискомфортные или экстремальные условия перегрева быстро истощают адаптационные резервы организма, нарушая теплорегуляцию.

Изучением III и IV строительного климатического района занимались ряд авторов: М.С. Горомосов, А.А. Гербурт-Гейбович и В.К. Лицкевич, А.И. Гиясов, Ю.Г. Баротов и другие. Отечественные исследования в этой области показывают, что наиболее благоприятные условия для комфорта человека в летний период: температура +25 °С,

относительная влажность 30–60 %, скорость ветра 0,1–0,15 м/с [1–9].

М.С. Горомосов внес вклад в исследование микроклимата жилищ и их гигиенического изучения, А.А. Гербурт-Гейбович и В.К. Лицкевич выявили основные принципы оценки климата в типологии жилища, а А.И. Гиясов и Ю.Г. Баротов исследовали воздействие солнечной радиации на здания и отраженную радиацию от здания на прилегающую территорию.

Южный город Майкоп является столицей Республики Адыгея, это административный и культурный центр, являющийся важным пунктом для туристов на пути к крупным туристическо-рекреационным зонам. Ведущими природно-климатическими факторами, влияющими на перегрев территории застройки города в целом в летний период, являются солнечная радиация, температурный, влажностный и ветровой режимы.

В целом, территория города Майкоп характеризуется длительным жарким периодом и относительно короткой зимой. Средняя месячная температура воздуха в июле достигает +23,0 °С, а в августе 22,8 °С. Максимальные температуры достигают +28,2 °С...+29,1 °С¹.

При анализе климатических факторов большое значение имеет оценка влияния солнечной радиации. Положение республики на юге России определяет большие высоты солнца над горизонтом. Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность при безоблачном небе в июле месяце достигает 498 МДж/м² на стены восточной и западной ориентации, 388 МДж/м² на стены южной ориентации и 480 МДж/м² для стен, обращенных на юго-восток и юго-запад¹. Значения суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при безоблачном небе максимальных величин достигают в июне и июле и составляют, соответственно, 915 и 899 МДж/м²¹.

Относительная влажность воздуха в летний период достигает 68 % в июне, 65 % в июле и 60 % в августе¹.

Ветровой режим является ведущим природно-климатическим фактором, формирующим благоприятные микроклиматические условия в летний период. В городе Майкоп в течение года преоблада-

¹ СП 131.13330.2020. Строительная климатология.

дают ветры южных направлений, средняя скорость ветра составляет 2,4 м/с.

В целом, проанализировав климатические особенности атмосферной среды в летний период в городе Майкоп, можно сделать вывод, что в данный период присутствует высокая интенсивность солнечной радиации в сочетании с высокой температурой, большой влажностью воздуха и стабильными ветрами небольших скоростей, которые имеют свойство снижаться среди застройки, что приводит к перегреву среды в помещении зданий и на территории, определяет высокие тепловые нагрузки на организм человека, существенно снижая микроклиматическую комфортность в городской среде. По этой причине предлагается исследование эффективности применения фасадных установок, обоснование их экологических возможностей и областей рационального применения.

Методы и модели исследования

В данном исследовании при анализе территории застройки города Майкоп (рис. 1) были использованы опубликованные спутниковые снимки от 22 августа 2022 г. с космического аппарата Landsat-8 с сенсором TIRS (рис. 2). Был проанализирован термический режим подстилающей поверхности в городе, выявлены очаги аномально высоких температур подстилающей поверхности среди городской застройки. Установлено, что эти тепловые аномалии напрямую зависят от особенностей объемно-планировочной структуры застройки и ее благоустройства².

Анализ спутниковых данных позволяет сделать вывод, что в целом в городе температура подстилающей поверхности способна достигать больших величин. Наибольшие температурные аномалии встречаются на территории промышленных зон, где температура нагрева подстилающей поверхности достигает 50–60 °С. Такие показатели связаны с промышленным производством, отсутствием озеленения на участках и большой площадью покрытия с низкой степенью Альбеда.

На территории крупных парковых зон, имеющих обильную растительность, в летнее время года территория нагревается от +27 до +30 °С. Такие же показатели можно увидеть и на территории малоэтажной усадебной застройки, которая в городе Майкоп занимает большие площади и вообще является архитектурно-планировочной основой для южных городов.

Необходимо отметить, что при формировании термического режима застройки города участвуют одновременно горизонтальные и вертикальные искус-

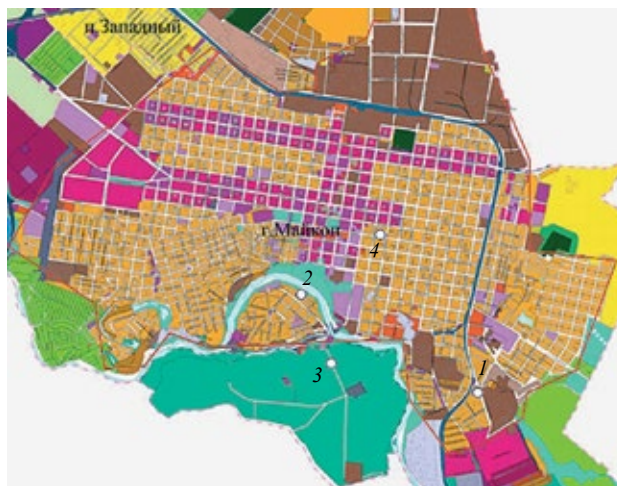


Рис. 1. Схема функционального зонирования г. Майкоп [10]: 1 — промышленная зона; 2 — парковая зона в пределах города; 3 — малоэтажная усадебная застройка; 4 — современный центр города средней этажности, где расположена метеовышка

ственные покрытия зданий и застройки в целом. Термический режим подстилающей поверхности современного центра города Майкоп, как и другие районы со средней этажностью (9–12 этажей), имеют максимально высокую температуру поверхности застройки +35...+38 °С. При этом термический режим фасадов зданий +60...+65 °С.

Также эти исследования для города Майкоп основываются на подходе физического моделирования для изучения тепло-ветровых процессов в пристенной воздушной прослойке фасадной системы с жалюзийным устройством (рис. 3). Исследования проводились отечественными учеными в лаборатории на экспериментальной установке, внутри которой создана климатическая камера для исключения влияния внешних факторов на экспериментальный

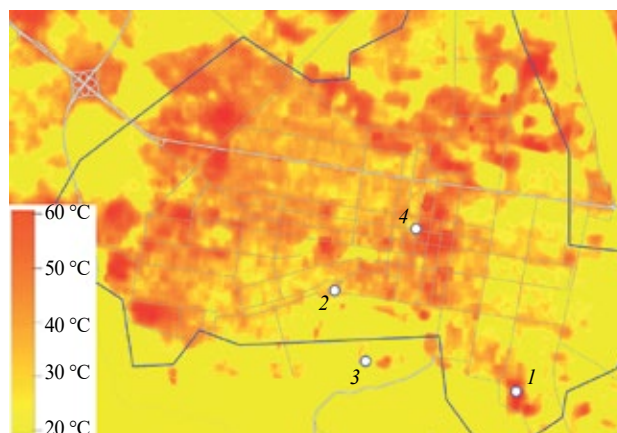


Рис. 2. Карта Майкопа с выделением тепловых аномалий подстилающей поверхности среди городской застройки. Температура поверхности, град. 22 августа 2022 г.: 1 — промышленная зона; 2 — парковая зона в пределах города; 3 — малоэтажная усадебная застройка; 4 — современный центр города средней этажности, где расположена метеовышка [4]

² Администрация муниципального образования «Город Майкоп». URL: <https://maikop.ru/arkhitektura-i-gradostroitelstvo/generalnyy-plan/> (дата обращения: 29.06.2023).

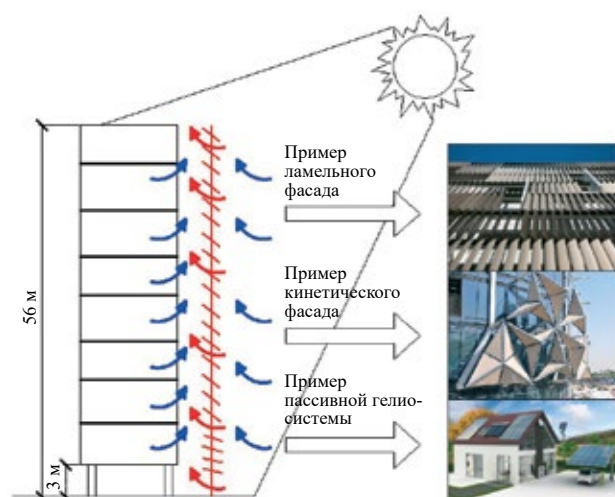


Рис. 3. Моделирование тепло-ветровых фасадов

процесс [4]. Согласно опубликованным данным, в оценке тепло-ветрового режима пристенного слоя скорость потока воздуха является определяющей характеристикой процесса теплообмена через вентилируемую воздушную прослойку между поверхностью стены и жалюзийным устройством. При нагреве поверхности с углом наклона 45° к плоскости фасада ламелей жалюзийного устройства можно заметить, что в воздушной прослойке между жалюзийным устройством и поверхностью стены фасада скорость восходящего потока на высоте 4 см достигает 0,2 м/с, на отметке верхнего обреза фасада — 0,28 м/с, при этом в центре колонного первого этажа вблизи ненагретого фасада — 0,08 м/с, в середине колонного пространства — 0,11 м/с и вблизи нагретого жалюзийного устройства — 0,17 м/с. Этот теплофизический процесс указывает на то, что жалюзийная солнцезащитная фасадная система при инсоляции нагревается и тем самым активизирует естественную вентиляцию в воздушной прослойке за счет конвективного тепла. При этом увеличивается отвод тепла из пристенной воздушной прослойки вверх, что является первопричиной движения воздушных масс около фасада, а также из воздушного пространства колонного первого этажа за счет увеличения притока воздуха к пристенному конвективному потоку. Результаты исследований позволили установить зависимость скорости конвективного потока в воздушной прослойке от ее толщины и степени нагрева ламелей жалюзийного устройства при гравитационной вентиляции.

Исследуемая фасадная система представляет собой архитектурно-строительное решение для пассивного способа вентиляции и охлаждения помещений. Она использует конвективные потоки, возникающие в воздушной прослойке между стеной и жалюзи. Энергетическая эффективность системы максимальна в крайне маловетренных и спокойных условиях климата региона. В ветреные дни венти-

ляционный эффект слоя жалюзи значительно увеличивается. Отмечается, что данная фасадная система является наиболее простым и дешевым конструктивным решением, а сформированный механизм тепло-ветровых процессов — распространенным способом пассивной вентиляции пристенного слоя, помещения, открытых неэксплуатируемых этажей и прилегающих территорий, что является актуальным научным направлением в строительстве в регионах с теплым климатом [2, 11, 12].

Результаты и обсуждение

При рассмотрении количественной и качественной картины влияния солнцезащитных жалюзийных фасадов основной задачей является применение подобных устройств в реальных условиях на территории южных городов Российской Федерации, расположенных в III и IV строительно-климатических районах. Для этого было рассмотрено здание существующего жилого комплекса в г. Майкоп, которое имеет сложную форму в плане и состоит из 4 секций разной этажности от 14–16 этажей с встроенными помещениями на первом этаже (рис. 4).

Если подробнее рассмотреть планировочную структуру типового этажа представленных на генплане зданий, то можно сделать вывод, что сразу несколько однокомнатных и двухкомнатных квартир в целом имеют западную и юго-западную ориентацию квартир, что означает наибольший перегрев в жилых помещениях в жаркое время года (рис. 5). Ориентация на юг не считается неблагоприятной, но стоит учесть, что стены квартир, имеющих подобную ориентацию, будут обладать наибольшим по времени радиационным облучением, что также не является фактором комфорта.

Установлено, что по условиям теплового облучения с учетом ориентации жилых помещений на юг, юго-запад и запад наблюдаются дискомфортные условия в летний, наиболее жаркий период года. В этих условиях рекомендуется модернизация фасадов жилого дома при помощи солнцезащитных мероприятий.

На сегодняшний день существуют несколько видов подобных солнцезащитных систем: ламельные солнцезащитные фасадные системы, кинетические солнцезащитные фасады, а также инновационные пассивные гелиосистемы.

Преимущества использования фасадных ламелей: долговечность (они не подвержены коррозии и не требуют частой замены или ремонта); энергосбережение (благодаря возможности регулирования света и тепла фасадные ламели помогают уменьшить энергопотребление здания. Это может привести к снижению расходов на отопление и кондиционирование воздуха, которое способствует улучшению

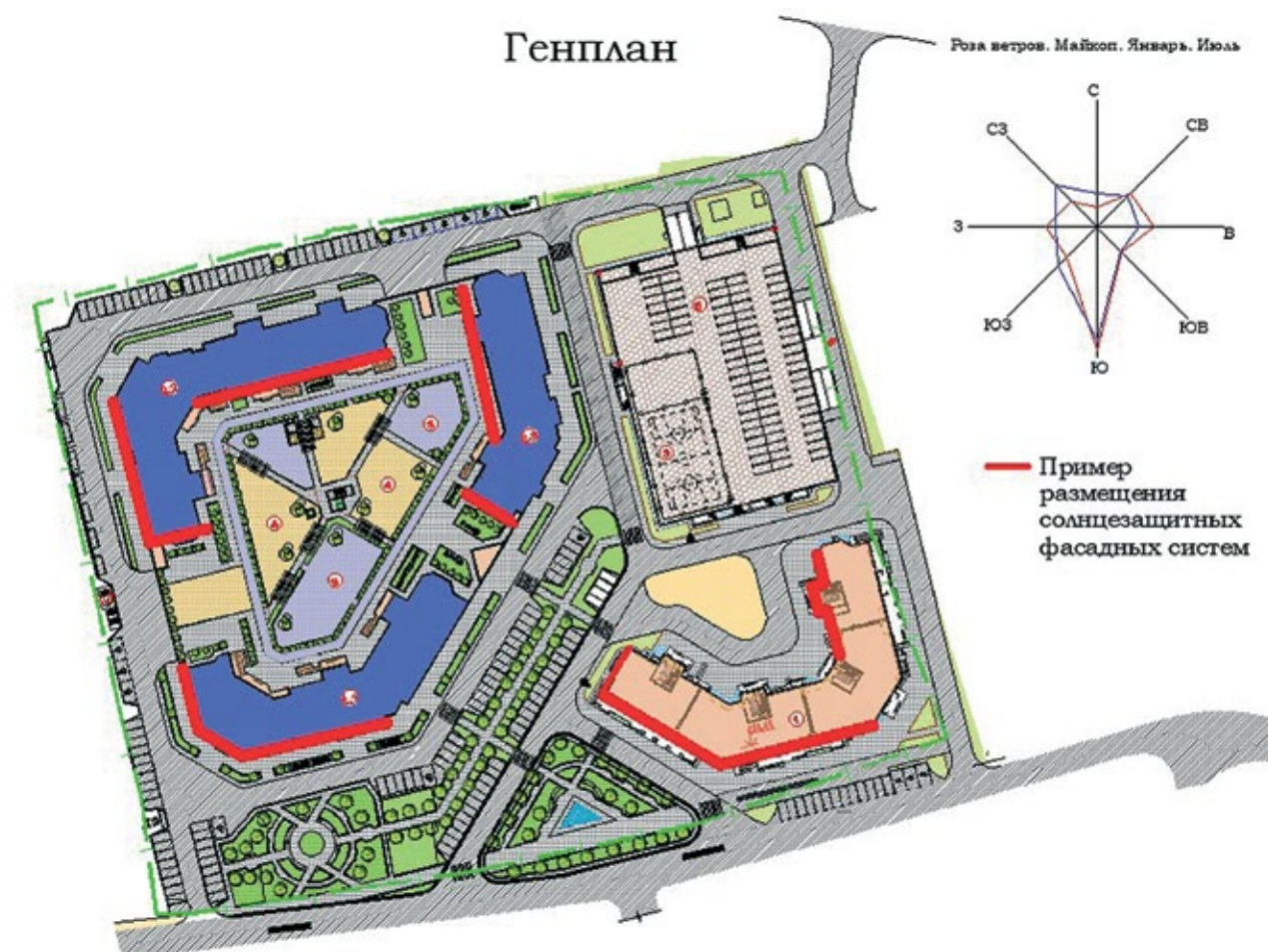


Рис. 4. Генеральный план территории существующей жилой многоквартирной застройки в городе Майкоп

производительности труда); устойчивость к погодным условиям (защита фасада здания от агрессивных погодных условий, что увеличивает срок службы здания и снижает затраты на его эксплуатацию).

Кинетические фасады являются одной из составляющих энергоэффективного здания, позволяющих существенно снизить затраты на энергопотребление. Но стоит заметить, что наилучшие результаты дает применение технологических и архитектурных решений в совокупности: разработка новых и совершенствование существующих методов и организационных форм жилищно-гражданского строительства, возобновляемые источники энергии, рациональный архитектурно-планировочный подход к использованию внутреннего пространства и размещению здания на местности, кинетические фасады, а также многое другое. Подвижные элементы кинетического фасада изменяют свое положение в зависимости от времени суток и активности солнца, тем самым позволяя складывать фасад (для увеличения доли естественного освещения помещений) или раскладывать (для защиты от излишнего нагрева здания на протяжении всего времени).

Преимуществом пассивных гелиосистем является то, что они регулируют количество теплоты и интенсивность освещения, поступающие в помещения зданий, тем самым внося определенный вклад в экономию энергии. Позволяют снизить потребность в энергии, идущей на отопление или кондиционирование воздуха, поддерживая определенную температуру внутреннего воздуха, несмотря на изменения внешних климатических условий; при пасмурной погоде затеняющие устройства можно настроить на пропускание большего потока дневного света в помещение, что снизит необходимость в искусственном освещении.

Такие фасадные конструкции позволяют регулировать солнечное освещение помещений и ограничивать тепловой поток путем выноса поверхности основного термического нагрева поверхности непосредственно за пределы общего объема здания. Что обеспечит свободное движение воздуха вверх, внутри воздушного слоя между стеной и нагреваемой поверхностью. При этом для стен со сплошным экраном, снизу и сверху последнего должны быть предусмотрены вентиляционные отверстия притока и оттока воздуха, а в жалюзийном солнцезащитном устройстве зазоры между лопастями конструкции.



Рис. 5. Круг горизонта по условиям теплового облучения с учетом ориентации жилых помещений по СП 23-102-2003³

В промежуточном воздушном слое наблюдается постоянная циркуляция воздуха даже в безветренную погоду, что позволяет развить тепло-ветровой режим в пристенном слое, существенно улучшить микроклиматические показатели вокруг оконного пространства, уменьшить температурные показатели и увеличить степень проветривания в помещении и на придомовой территории. Стоит отметить, что площадь затенения непосредственно оконных проемов следует организовывать согласно светотехническому расчету [13, 3, 14].

Современные солнцезащитные адаптивные фасадные системы созданы, чтобы реагировать на изменения радиационно-тепловых показателей окружающей среды для поддержания комфортного микроклимата внутри помещений [15].

Такие фасадные конструкции позволяют регулировать поток прямых солнечных лучей на стены зданий, в помещении и на придомовой территории. В оценке тепло-ветрового режима пристенного слоя определяющими характеристиками процесса тепло-

передачи через вентилируемую воздушную прослойку между поверхностью стены и жалюзийным устройством являются скорость потока воздуха, площадь поперечного сечения прослойки, длина прослойки, толщина прослойки.

Выводы

1. Вопрос теплофизических процессов, протекающих в пристенной фасадной системе зданий, возводимой в условиях региона с повышенным тепловым режимом в летний период, остается недостаточно изученным, что является предметом исследований настоящей работы.

2. Рассматриваемая система жалюзи с изменяемыми углами лопастей разработана таким образом, что между лопастями остается зазор, а между самой системой и фасадом здания находится прослойка воздуха, обеспечивающая вентиляцию.

3. Использование кинетических фасадов эффективно способствует экономии природных ресурсов, дает возможность моментально адаптировать здание к условиям окружающей среды, тем самым благотворно влияя на создание комфортной среды

³ СП 23-102-2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий.

внутри здания и внося вклад в устойчивое развитие и экономное использование энергоресурсов, что уменьшает расходы эксплуатации здания.

4. Представленные жалюзийные, кинетические фасады и солнцезащитные пассивные гелиосистемы

являются одной из составляющих энергоэффективного здания, позволяющих существенно снизить затраты на энергопотребление. Подобные фасадные системы — это будущее в архитектурно-климатическом проектировании для южных городов РФ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горомосов М.С. Микроклимат жилищ и его гигиеническое нормирование. М. : МЕДГИЗ, 1963. 134 с.
2. Гиясов А.И., Мирзоев С.М. Модель тепло-ветрового режима наружных стен зданий с жалюзийным солнцезащитным устройством // Строительство и реконструкция. 2024. № 1 (111). С. 3–13. DOI: 10.33979/2073-7416-2024-111-1-3-13.
3. Гиясов А.И., Мирзоев С.М., Абдулрахман К. Моделирование тепло-ветровых процессов пристенного слоя ограждающих конструкций зданий при инсоляции // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 3. С. 285–297. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.3.285-297 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48561270> EDN: ICZMOO
4. Гиясов А., Баротов Ю.Г. Тепловое состояние человека в застройке городов с жарким условием климата // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 4 (44). С. 151–157.
5. Сокольская О.Н., Кривоносова А.С. Биосферносовместимая концепция развития города на примере г. Майкоп // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2022 : сб. докл. Третьей Национальной науч. конф. (г. Москва, 19 декабря 2022 г.). М. : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2023. С. 497–502.
6. Витохина С.А. Проектирование жилых зданий в южных районах России // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова (г. Белгород, 16–17 мая 2023 г.). Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 103–107.
7. Джедид М. Влияние формы архитектурных объектов на внешний тепловой комфорт // Приволжский научный журнал. 2015. № 2 (34). С. 109–115.
8. Стецкий С.В., Ходейр В.А. Эффективные солнцезащитные устройства в гражданском строительстве регионов с жарким солнечным климатом // Вестник МГСУ. 2012. № 7. С. 9–15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17988602> EDN: PDQTPB
9. Ян Хуэй, Лушин К.И., Плющенко Н.Ю. Determination of buildings sun shields operating parameters for the purpose of durability and sustainability // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. Вып. 9. С. 1154–1164. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.9.1154-1164 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36310051> EDN: VKFFQY
10. Сокольская О.Н., Калинина К.И. Влияние объемно-планировочной структуры застройки города Майкоп на формирование тепловых аномалий в жаркий период года // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 4 (44). С. 21–29. DOI: 10.21869/2311-1518-2023-44-43-21-29 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59553164> EDN: RJZNUD
11. Molter P., Bonnet C., Wagner T., Reifer M., Tillmann K. Autoreactive components in double skin facade: conference // Advanced Building Skins, Bern, Switzerland At: Bern, Switzerland, 2017. Vol. 17. URL: <https://www.researchgate.net/publication/318494719>
12. Li X., Peng J., Li N., Wang M., Wang C. Study on optimum tilt angles of photovoltaic shading systems in different climatic regions of China // Procedia Engineering. 2017. Vol. 205. Pp. 1157–1164. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.185
13. Мансуров Р.Ш., Рафальская Т.А. Математическое моделирование теплотехнических характеристик наружных ограждений с воздушными прослойками // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2019. № 3 (137). С. 74–81.
14. Катаева М.А., Перишинова Л.Н. Формирование воздушного комфорта городов архитектурно-градостроительными средствами // Новые идеи нового века : мат. Междунар. науч. конф. ФАД ТОГУ. 2016. Т. 2. С. 127–133.
15. Лисициан М.В., Пашковский В.Л., Петунина З.В. и др. Архитектурное проектирование жилых зданий / под ред. М.В. Лисициана, Е.С. Пронина. М. : Архитектура-С, 2006. 488 с.

Об авторах: **Оксана Николаевна Сокольская** — кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова; **Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ)**; Российская Федерация, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2; SPIN-код: 6999-4101; e-mail: ons33@mail.ru;

Софья Витальевна Василенко — студентка кафедры архитектуры гражданских и промышленных зданий имени А.В. Титова; **Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ)**; Российская Федерация, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2; e-mail: sofa_vasilenko_2002@mail.ru.

REFERENCES

1. Goromosov M.S. *Microclimate of dwellings and its hygienic rationing*. Moscow, MEDGIZ Publ., 1963; 134. (rus.).
2. Giyasov A.I., Mirzoev S.M. Model of heat and wind regime of external walls of buildings with a louvered sunscreen device. *Construction and reconstruction*. 2024; 1(111):3-13. DOI: 10.33979/2073-7416-2024-111-1-3-13 (rus.).
3. Giyazov A.I., Mirzoev S.M., Abdulrahman K. Modeling thermal and wind processes in the near-wall layer of building envelopes subjected to insolation. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2022; 17(3):285-297. DOI: 10.22227/1997-0935.2022.3.285-297 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48561270> EDN: ICZMOO (rus.).
4. Giyasov A., Barotov Yu.G. The thermal state of a person in urban development with a hot climate condition. *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research*. 2018; 4(44):151-157. (rus.).
5. Sokolskaya O.N., Krivonosova A.S. Biosphere-compatible concept of city development on the example of Maykop. *Actual problems of the construction industry and education — 2022: Collection of reports of the Third National Scientific Conference, Moscow, December 19, 2022*. Moscow, National Research Moscow State University of Civil Engineering, 2023; 497-502. (rus.).
6. Vitokhina S.A. Design of residential buildings in the southern regions of Russia. *International Scientific and Technical Conference of young scientists of V.G. Shukhov BSTU, dedicated to the 170th anniversary of the birth of V.G. Shukhov (Belgorod, May 16–17, 2023)*. Belgorod, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, 2023; 103-107. (rus.).
7. Jedid M. The influence of the shape of architectural objects on external thermal comfort. *Privolzhsky scientific Journal*. 2015; 2(34):109-115. (rus.).
8. Stetskiy S.V., Khodeir W.A. Effective sun protection devices in the civil engineering of hot and sunny regions. *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*. 2012; 7:9-15. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17988602> EDN: PDQTPB (rus.).
9. Yang Hui, Kirill I. Lushin, Natalia Yu. Plushenko. Determination of buildings sun shields operating parameters for the purpose of durability and sustainability. *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*. 2018; 13(9):1154-1164. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.9.1154-1164 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36310051> EDN: VKFFQY
10. Sokolskaya O.N., Kalinina K.I. The influence of the spatial planning structure of the development of the city of Maykop on the formation of thermal anomalies in the hot period of the year. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2023; 4(44):21-29. DOI: 10.21869/2311-1518-2023-44-43-21-29 URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=59553164> EDN: RJZNUD (rus.).
11. Molter P., Bonnet C., Wagner T., Reifer M., Tillmann K. Autoreactive components in double skin facade. *Advanced Building Skins, Bern, Switzerland At: Bern, Switzerland*, 2017; 17. URL: <https://www.researchgate.net/publication/318494719>.
12. Li X., Peng J., Li N., Wang M., Wang C. Study on optimum tilt angles of photovoltaic shading systems in different climatic regions of China. *Procedia Engineering*. 2017; 205:1157-1164. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.10.185
13. Mansurov R.Sh., Rafalskaya T.A. Mathematical modeling of thermal engineering characteristics of external fences with air layers. *Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture*. 2019; 3(137):74-81. (rus.).
14. Kataeva M.A., Pershinova L.N. Formation of air comfort of cities by architectural and urban planning means. *New ideas of the new century : materials of the international scientific conference FAD TOGU*. 2016; 2:127-133. (rus.).
15. Lisitsian M.V., Pashkovsky V.L., Petunina Z.V. et al. *Architectural design of residential buildings*. Ed. M.V. Lisitsiana, E.S. Pronin. Moscow, Architecture-C Publ., 2006; 488. (rus.).

About the authors: **Oksana N. Sokolskaya** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings named after A.V. Titov; **Kuban State Technological University (KubSTU)**; 2 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russian Federation; SPIN-code: 6999-4101; e-mail: ons33@mail.ru;

Sofya V. Vasilenko — Student of the department of Architecture of Civil and Industrial buildings named after A.V. Titov; **Kuban State Technological University (KubSTU)**; 2 Moskovskaya st., Krasnodar, 350072, Russian Federation; e-mail: sofa_vasilenko_2002@mail.ru.

ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СООРУЖЕНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Елена Александровна Гребенщикова, Наталья Сергеевна Шелковкина,
Наталья Анатольевна Горбачева

Дальневосточный государственный аграрный университет (Дальневосточный ГАУ); г. Благовещенск,
Российская Федерация

При выявлении опасных гидрологических процессов одной из главных задач в гидротехническом строительстве является минимизация техногенного воздействия на природную среду, что ведет к необходимости исследования влияния строительства сооружений инженерной защиты на компоненты окружающей среды. Анализируя уровень загрязнения поверхностных вод реки Амур в районе расположения исследуемого объекта, рассматривались следующие показатели: pH, ХПК (химическая потребность в кислороде), нефтепродукты, нитрит-ионы, нитрат-ионы, аммоний-ион, железо общее, медь, цинк, никель, марганец, хлориды, сульфаты. В результате было установлено превышение содержания в пробе нефтепродуктов, аммония, железа общего, превышение допустимого уровня БПК₅ (биологическое потребление кислорода), ХПК. Также авторами были исследованы донные отложения, которые являются индикатором экологического состояния территории. Донные отложения имеют сложную систему, содержащую множество химических элементов как органического, так и минерального происхождения, которая представляет собой ценный питательный субстрат для применения в качестве мелиоранта на землях сельскохозяйственного использования. По результатам проведенного анализа донные отложения отнесены к 4-му классу опасности как малоопасные отходы. Пылевыведения в атмосферный воздух минимальные, так как климатические условия Амурской области и уровень грунтовых вод определяют ситуацию, при которой все естественные грунты находятся в увлажненном состоянии. Воздействие на почвенный покров в период строительных работ возможно при передвижении техники, автотранспорта и загрязнения придорожной территории мусором. Для оценки качества исследуемой территории проведено экологическое обследование почвы и агроэкологическое состояние почвенного покрова. Основное внимание при этом уделялось содержанию и запасам в нем органического вещества (гумуса), являющегося одним из показателей оценки пригодности нарушенного плодородного слоя почвы для землевания и тяжелых металлов.

Ключевые слова: компоненты окружающей среды, донные отложения, поверхностный сток, загрязнения, инженерная защита, берегоукрепление

Для цитирования: Гребенщикова Е.А., Шелковкина Н.С., Горбачева Н.А. Влияние строительства сооружений инженерной защиты на компоненты окружающей среды // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 42–51. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.42-51

INFLUENCE OF THE CONSTRUCTION OF ENGINEERING PROTECTION STRUCTURES ON COMPONENTS ENVIRONMENT

Elena A. Grebenshchikova, Natalya S. Shelkovkina, Natalya A. Gorbacheva
Far Eastern State Agrarian University (Far Eastern SAU); Blagoveshchensk, Russian Federation

When identifying hazardous hydrological processes, one of the main tasks in hydraulic engineering construction is to minimize the technogenic impact on the natural environment, which leads to the need to study the impact of the construction of engineering protection structures on the components of the environment. Analyzing the level of pollution of the surface waters of the Amur River in the area of the object under study, the following indicators were considered: pH, COD, oil products, nitrite ions, nitrate ions, ammonium ion, total iron, copper, zinc, nickel, manganese, chlorides, sulfates. As a result, an excess of the content of: in the sample of petroleum products, ammonium, total iron, exceeding the permissible level of BOD₅, COD was found. We also studied bottom sediments, which are an indicator of the ecological state of the territory. Bottom sediments have a complex system containing many chemical elements, both organic and mineral origin, which is a valuable nutrient substrate for use as an ameliorant on agricultural lands. According to the results of the analysis, bottom sediments are classified as hazard class 4 as low-hazard waste. Dust emissions into the atmospheric air are minimal, since the climatic conditions of the Amur Region and the level of groundwater determine the situation in which all natural soils are in a moist state. The impact on the soil cover during the construction period is possible due to the movement of machinery, vehicles and pollution of the roadside area with garbage. To assess the quality of the study area, an ecological survey of the soil and the agroecolog-

ical state of the soil cover were carried out. At the same time, the main attention was paid to the content and reserves of organic matter (humus) in it, which is one of the indicators for assessing the suitability of a disturbed fertile soil layer for earthing and heavy metals.

Keywords: environmental components, bottom sediments, surfac.runoff, pollution, engineering protection, bank protection

For citation: Grebenshchikova E.A., Shelkovkina N.S., Gorbacheva N.A. Influence of the construction of engineering protection structures on components environment. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3:42-51. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.42-51 (rus.).

Введение

Водные ресурсы играют важную роль в обеспечении населения водой как питьевой, так и необходимой в быту, сельском хозяйстве и промышленности. Во всем мире растет беспокойство о состоянии водных ресурсов, так как с каждым годом увеличиваются масштабы загрязнения водных объектов. Загрязнение прирусловой территории отрицательно влияет на качество поверхностных источников [1]. Изменения в природной среде часто приводят к коренным изменениям связей в экосистемах и прогрессирующему разрушению биосферы [2].

В то же время актуальным для многих территорий является вопрос о негативном воздействии вод. Ежегодно проходящие по несколько раз в год паводки наносят значительный ущерб населению и объектам экономики. Паводки принося пользу: сезонное затопление поймы необходимо для обеспечения здоровья рек, формирования новых мест обитания фауны — илистых и богатых органическими отложениями. Уязвимость перед паводками определяется, главным образом, деятельностью человека — местами размещения зданий и объектов инфраструктуры, наличием систем раннего оповещения, эффективностью действий при чрезвычайных ситуациях. Наводнения становятся одной из самых серьезных природных опасностей, способных угрожать жизни, имуществу жителей населенных пунктов и инфраструктуре [3, 4].

На реках Амурской области практически ежегодно наблюдаются неблагоприятные явления [5]; весной и осенью уровень воды поднимается в результате дождей паводков, из-за таяния снежной массы, провоцируя сползание грунта с берегов, что приводит к регулярному подмыванию прибрежной зоны водой. Снижение рисков бедствий имеет важное значение для достижения целей в области устойчивого развития территорий [6, 7]. Исследования свидетельствуют, что при выявлении опасных гидрологических процессов одной из главных задач в гидротехническом строительстве является минимизация техногенного воздействия на природную среду, а также сохранение продуктивности природной среды при рациональном применении ее естественных ресурсов. В результате изменения гидрологического режима водотока: волны, вихревые водные потоки, вихревые течения на изгибах русла, происходит разрушение и размыв берегов, форми-

рование донных отложений. Фактически отсутствие правильно подобранных технических мер защиты носит неотвратимый и неизбежный характер [8]. Изменение условий формирования стока является главной причиной подтоплений, паводков и половодий обширных территорий, что в дальнейшем приводит к потере прибрежных площадей.

Для снижения влияния отрицательных природных процессов на уровень жизни населения необходимо строительство сооружений инженерной защиты селитебных территорий. Возведение сооружений может оказывать негативное воздействие на компоненты окружающей среды. Чтобы в дальнейшем его минимизировать проводятся исследования в этой области.

Возможными источниками и видами воздействия на водную среду являются: изъятие земель водного фонда реки Амур и поймы под сооружение инженерной защиты территории; забор воды на технологические нужды; нарушение (изъятие) и заиливание дна при строительстве сооружения. Следствием этих воздействий может быть: ухудшение обитания гидробионтов; неорганизованный вынос загрязняющих веществ с территорий рабочих зон; воздействие, связанное с условиями жизнеобеспечения строительных рабочих; загрязнение воды с работающего технологического оборудования горюче-смазочными материалами; попадание в воду нефтесодержащих вод, хозяйственно-бытовых стоков, твердых бытовых отходов и сухого мусора при работе технического и транспортного флота. Загрязнение воды и донных отложений является серьезной современной экологической проблемой [9].

Воздействие на почвенный покров в период строительных работ возможно при передвижении техники, автотранспорта и загрязнении придорожной территории мусором. За последние два десятилетия загрязнение почв привлекло внимание всего мира [10, 11]. Для оценки качества исследуемой территории проведено экологическое обследование почвы и агроэкологическое состояние почвенного покрова. Основное внимание при этом уделялось содержанию и запасам в нем органического вещества (гумуса), являющегося одним из показателей оценки пригодности нарушенного плодородного слоя почв для землеваяния.

Воздействие на атмосферный воздух может выразиться в загрязнении его газообразными выбросами

двигателей работающей техники, высокой запыленности отдельных строительных процессов [12]. Это воздействие снижается, так как климатические условия Амурской области и уровень грунтовых вод определяют ситуацию, при которой все естественные грунты находятся в увлажненном состоянии.

Материалы и методы исследования

Расчет загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами в период строительства выполнен в программном комплексе «УПРЗА (унифицированная программа расчета загрязнений атмосферы) Эколог» версия 3.0, которая реализует положения «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий»¹. Оценка качества исследуемых донных отложений выполнена в соответствии с требованиями гигиенических нормативов для почв^{2, 3} и норм радиационной безопасности НРБ-99–2009⁴, а также в соответствии ГОСТ 26483–85⁵. Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)-пирена в пробах почв, грунтов, донных отложений и твердых отходов — высокоэффективная жидкостная хроматография с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02» в качестве флюориметрического детектора.

Результаты и их обсуждение

Объект проектирования располагается на территории Орловского сельского поселения Константиновского района Амурской области. Проектируемое защитное сооружение (берегоукрепление) представляет собой первоначальную выборку некачественного (техногенного) грунта с планировкой откоса, отсыпкой из несортированного камня с последующей отсыпкой качественного грунта с послойным уплотнением и с укладкой геотекстиля, отсыпкой слоя щебня и камня 1,6 м с поверхностной защитой верхним слоем щебня с расклинкой мелкой фракцией. Также предусмотрено устройство подходной прорези (целесообразно выполнить в первую очередь) и огражде-

ния по верху отсыпанной насыпи (выполняется, как и отсыпка растительного грунта, в самую последнюю очередь), съездов и площадки из аэродромных плит.

Для оценки уровня загрязнения поверхностных вод реки Амур в районе расположения проектируемого объекта был проведен отбор двух проб воды из реки Амур выше и ниже по течению от рассматриваемых участков. Перечень исследуемых показателей включал: рН, ХПК, БПК₅, взвешенные вещества, нефтепродукты, нитриты, нитраты, аммоний, железо общее, медь, цинк, никель, марганец, хлориды, сульфаты, фенол, полифосфаты, кислород растворенный. Анализ этих проб показал следующее превышение содержания над нормируемыми показателями: в пробе № 1 — нефтепродуктов на 0,04 мг/дм³, железа общего на 0,52 мг/дм³, БПК₅ на 1 мг/дм³; в пробе № 2 — ХПК на 25 мг/дм³, БПК₅ на 6 мг/дм³, железа общего на 0,48 мг/дм³ (табл. 1). Железо является характерным элементом природных вод зоны избыточного увлажнения, а его превышение объясняется наличием рядом расположенных сельскохозяйственных угодий, которые могут быть загрязнены удобрениями, отходами, химическими веществами, нефтепродуктами. Сельскохозяйствен-

Таблица 1. Анализ проб воды из реки

Наименование показателей	Показатели, мг/дм ³		
	Проба № 1	Проба № 2	Норматив
рН	7,1	7,3	6,5–8,5
ХПК	28	55	30
БПК ₅	5	10	4
Взвешенные вещества	118	115	0,75 к фону
Нефтепродукты	0,09	0,041	0,05
Нитрит-ионы	< 0,005	< 0,005	3,3
Нитрат-ионы	< 1,0	< 1,0	45
Аммоний	0,92	0,65	1,5
Железо общее	0,82	0,78	0,3
Медь	< 0,001	< 0,001	1,0
Цинк	0,0094	< 0,005	1,0
Никель	< 0,002	< 0,002	0,02
Марганец	0,0099	0,0075	0,1
Хлориды	< 10	< 10	350
Сульфаты	42,1	50,5	500
Фенол	< 0,0005	< 0,0005	0,001
Полифосфаты	0,03	< 0,01	3,5
Кислород растворенный	9,0	8,3	Не менее 4

¹ Общесоюзный нормативный документ. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. РД 52.04.212–86.

² Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06, ГН 2.1.7.2042–06.

³ Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2511–09.

⁴ Нормы радиационной безопасности. НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523–09.

⁵ Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. ГОСТ 26483–85, ГОСТ 26490–85.

ные стоки влияют и на превышение по ХПК и БПК₅. Разрушение берегов рек в затопленных районах также способствует загрязнению природных вод.

Исследования в области миграционных процессов донных отложений показывают, что с одной стороны они могут играть роль в самоочищении водоема, с другой — участвуют во вторичном загрязнении водной толщи при изменении гидродинамических условий в водоеме [13]. При проведении берегоукрепительных работ происходит непосредственное влияние на водный объект, что влечет за собой увеличение донных отложений в водной толще.

Анализ эколого-геохимической обстановки показывает, что одним из наиболее информативных факторов исследований являются донные отложения водных объектов. Аккумулируя загрязнители, поступающие с различных водосборов в течение длительного временного периода, донные осадки являются индикатором экологического состояния территории, своеобразным интегральным показателем уровня загрязненности. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях российскими нормативными документами не регламентируется. Поэтому оценка уровня загрязнения донных отложений в рассматриваемом районе проведена в соответствии с рекомендациями нормативных документов, на основе соответствия уровней содержания загрязняющих веществ критериям экологической оценки загрязненности грунтов в соответствии с зарубежными нормами (табл. 2).

Донные отложения при определении класса опасности рассматривались как отход расчетным методом. Соответственно, донные отложения можно отнести к четвертому классу опасности — малоопасным. Пре-

Таблица 2. Определение уровня загрязнения донных отложений

Наименование показателя	Показатели, мг/кг		
	Концентрация	Допустимая концентрация	Уровни, требующие вмешательства
Кадмий	0,02–0,1	0,8	12
Никель	1,0–5,5	35	210
Медь	0,7–2,6	36	190
Свинец	< 0,1–4,1	85	530
Цинк	5,8–14,8	140	720
Мышьяк	0,6–1,7	29	55
Хром	0,4–4,5	100	380
Кобальт	0,8–4,1	20	240
Ртуть	0,006	0,3	10
Нефтепродукты	17–40	50	5000

Таблица 3. Временные показатели пороговых уровней воздействия и уровней вероятного эффекта

Наименование показателя	Пороговые уровни воздействия, мг/кг сухого осадка	Уровни вероятного эффекта, мг/кг сухого осадка	Концентрация в пробе, мг/кг
Кадмий	0,68	4,2	0,02–0,1
Медь	18,7	108	0,7–2,6
Свинец	30,2	112	0,1–4,1
Цинк	124	271	5,8–14,8
Мышьяк	7,24	41,6	0,6–1,8
Ртуть	0,13	0,7	0,005–0,025

вышения уровней допустимых концентраций (ДК) и уровней, требующих вмешательства (УВ), в донных отложениях не зафиксировано.

Критерием оценки качества донных отложений с точки зрения возможности оказывать токсичный эффект на водные организмы могут служить уровни содержания некоторых токсикантов в донных отложениях, разработанные канадским Советом Министров по окружающей среде для защиты водной жизни⁶.

В табл. 3 приведены уровни содержания исследованных ингредиентов в донных отложениях, их пороговые уровни воздействия и уровни вероятного эффекта, выше которых достоверно наблюдаются биологические эффекты.

Сравнение данных табл. 3 с данными по установленному содержанию металлов и мышьяка в донных отложениях из водного объекта показывает, что концентрации не превышают пороговых уровней и уровней вероятного эффекта, способных негативно влиять на существование водных организмов.

При определении класса опасности отходов по степени воздействия на среду обитания и здоровье человека был рассчитан суммарный индекс опасности отхода, который во всех пробах равен менее 100 (табл. 4). Для окружающей природной среды, согласно критериям отнесения опасных отходов к классу опасности, исследуемые отходы неопасны, так как суммарный показатель степени опасности менее 10, что относится к пятому классу опасности.

При выполнении берегоукрепительных работ, согласно технологическим процессам, будет проводиться отсыпка качественного грунта с послойным

⁶ CCME. Канадские рекомендации по качеству донных отложений для защиты водной флоры и фауны: сводные таблицы. Канадские экологические рекомендации. Канадский Совет министров окружающей среды, Виннипег, 2001. URL: <https://www.scrip.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=2015565>

Таблица 4. Оценка уровня загрязнения донных отложений

Вещество	Категория загрязнения							Класс опасности отхода			
	Тип почвы для определения значения ПДК (ОДК) — песчаная							Приказ МПР ⁷		СП 2.1.7.1386–03 ⁸	
	ПДК (ОДК)*, мг/кг	Ед. ПДК (ОДК)	C _{фи} , мг/кг	C _п , мг/кг	K _{сi}	Z _c	Категория загрязне- ния	W _i	K _i	W _i	K _i
Кадмий	0,5	0,10	0,05	0,05	1,00	–7,4	Чистая	26,9	0,0019	1	0,0500
Никель	20	0,05	6	1	0,17			128,8	0,0078	1	1,0000
Медь	33	0,02	8	0,7	0,09			358,9	0,0020	16	0,0438
Свинец	32	0,00	6	0,1	0,02			33,1	0,0030	4	0,0250
Цинк	55	0,13	28	7	0,25			463,4	0,0151	63	0,1111
Мышьяк	2	0,65	1,5	1,3	0,87			55	0,0236	1	1,3000
Хром	–	–	83	1,2	0,01			100	0,0022	1	0,0000
Кобальт	–	–	10	0,8	0,08			215,44	0,0800	7	0,0000
Ртуть	2,1	0,00	0,05	0,006	0,12	–		10	0,0006	2,3	0,0026
Нефте- продукты	–	–	–	21	–	–		4342	0,0048	12 590	0,0017
Природные компоненты				999 968,839				1 000 000	1,0	–	
Суммарный показатель опасности отхода $K = \sum K_i$								1,35		2,54	
Критерии оценки класса опасности отхода/Класс опасности								K < 10	5	K < 100	4

уплотнением и с укладкой геотекстиля, отсыпка слоя щебня и камня; устройство ограждения по верху отсыпанной насыпи, съездов и площадки из аэродромных плит, отсыпка растительного грунта, благоустройство прилегающей территории, демонтаж временных зданий и сооружений. На основании этого определено необходимое количество техники и оценено влияние различных видов работ на формирование выбросов в атмосферу.

Особенностью работ при строительстве данного сооружения является передвижение строительных машин, механизмов и транспортных средств по всему участку строительства по мере выполнения работ. Поэтому в период проведения строительства основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автотранспорт, доставляющий грузы на стройплощадку, строительная и дорожная техника, работающая на площадке, работа дизельной электростанции.

От работы двигателей дорожной техники в атмосферу выделяются следующие загрязняющие вещества: азота диоксид, азота оксид, углерод (сажа), ангидрид сернистый, углерода оксид, бензин (нефтяной, малосернистый), керосин. В процессе проведе-

ния сварочных работ в атмосферу выделяются железа диоксид, марганец и его соединения, оксид углерода, оксид азота (IV), фториды газообразные, фториды плохо растворимые, пыль неорганическая: 70–20 % SiO₂. В процессе перегрузки песчано-гравийной смеси в атмосферу выделяется пыль неорганическая (70–20 % SiO₂).

При укладке асфальта выделяется смесь углеводородов предельных C₆–C₁₀. От работы двигателя компрессора из выхлопной трубы в атмосферу попадают: оксид углерода, оксид азота (IV), керосин, сажа, диоксид серы, формальдегид, бенз(а)пирен и оксид азота (II). Результаты исследований и перечень количества загрязняющих веществ в выбросах от источников приведены в табл. 5, 6.

Химическое загрязнение будет вызвано поступлением в атмосферный воздух загрязняющих веществ: оксидов азота, серы диоксида, углерода оксида, сажи, углеводородов, в том числе бензина, керосина в результате выбросов отработавших газов от машин и строительных механизмов, задействованных в процессе работ. Выбросы от пыления цемента не учитывались, поскольку цементно-бетонные растворы поступают на стройплощадку в готовом к употреблению виде. Ближайшая жилая застройка располагается на расстоянии 200 м в северном направлении от площадки строительства. На расстоянии 50 м в северном направлении располагается административное здание.

⁷ Об утверждении порядка подтверждения отнесения отходов I–V классов опасности к конкретному классу опасности : Приказ Минприроды России от 08.12.2020 № 1027 (ред. от 06.12.2023). (Зарегистрировано в Минюсте России 25.12.2020 № 61833).

⁸ Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления СП 2.1.7.1386–03.

Таблица 5. Результаты исследования атмосферного воздуха Амурского ЦГМС (центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды)

Наименование загрязняющего вещества	ПДК, мг/м ³	Фоновая концентрация (max), мг/м ³	Фоновая концентрация, доли ПДК
Взвешенные вещества (пыль)	0,5	0,2	0,4
Диоксид серы	0,5	0,05	0,01
Оксид углерода	5	2,4	0,48
Диоксид азота	0,2	0,013	0,065

Для оценки негативного воздействия на атмосферный воздух в период строительных работ выполнен анализ результатов расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

При выполнении расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе учтено максимальное количество техники, работающей одновременно на строительной площадке. Анализ результатов расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе показал, что максимальные приземные концентрации по всем загрязняющим веществам, кроме диоксида азота, в контрольных точках не превышают 0,1 ПДК. А для диоксида азота выполняются условия $C_m + C_{\phi} \leq 1,0$ ПДК.

Таким образом, результаты рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в период строительства сооружения инженерной защиты соот-

Таблица 6. Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в результате строительства

Вещество	Критерий	Значение критерия	Класс опасности	Выброс загрязняющего вещества	
				г/с	т/год
Железо триоксид (железа оксид) (в пересчете на железо)	ПДК с/с	0,04	3	0,0000001	0,000001
Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	ПДК м/р	0,01	2	0,0000001	0,000001
Азота диоксид (азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,20	3	1,6439021	4,450520
Азот (II) оксид (азота оксид)	ПДК м/р	0,40	3	0,2571340	0,723207
Углерод (сажа)	ПДК м/р	0,15	3	0,2454394	1,083584
Сера диоксид (ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,50	3	0,1948068	3,690966
Углерод оксид	ПДК м/р	5,00	4	2,450014	8,217482
Смесь углеводородов предельных C ₆ –C ₁₀	ОБУВ	30,0	3	0,0440660	0,013880
Бенз(а)пирен (3,4-бензапирен)	ПДК с/с	0,00000	1	0,0000008	0,000009
Фториды газообразные	ПДК м/р	0,02000	2	0,0000001	0,0000001
Фториды плохо растворимые	ПДК м/р	0,20000	2	0,0000001	0,0000001
Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	ПДК м/р	5,00000	4	0,1087685	0,005954
Формальдегид	ПДК м/р	0,03500	2	0,0089660	0,084372
Керосин	ОБУВ	1,20		0,8017957	1,331207
Пыль неорганическая: > 70 % SiO ₂	ПДК м/р	0,15000	3	3,1096921	29,84066
Пыль неорганическая: 70–20 % SiO ₂	ПДК м/р	0,30	3	0,9508665	11,031215
Пыль неорганическая: до 20 % SiO ₂	ПДК м/р	0,50	3	0,0247770	0,081130
Всего веществ: 17	–	–	–	9,8402292	60,554186
в том числе твердых: 8	–	–	–	4,3307761	42,036599
жидких/газообразных: 9	–	–	–	5,5094531	18,517587

Таблица 7. Содержание тяжелых металлов в почвенных образцах

Наименование показателя	Номер пробы, мг/кг					
	1	2	3	4	5	6
Кадмий (вал)	< 0,01	0,11	0,05	0,06	0,26	< 0,01
Никель (вал)	7,2	6,8	5,6	3,8	6,7	10,1
Медь (вал)	5,8	5,0	4,6	3,9	15,9	6,9
Свинец (вал)	0,7	4,0	10,7	7,2	12,4	10,8
Цинк (вал)	27,3	28,4	25,2	50,2	46,4	40,2
Мышьяк (вал)	4,5	3,6	3,7	2,0	1,9	4,6
Ртуть (вал)	0,016	0,012	0,011	0,007	0,022	0,019
3,4-бензапирен	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Нефтепродукты	26	24	29	37	64	24
pH	5,9	5,9	6,5	5,7	6,3	4,9
Глубина отбора, м	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2	0,0–0,2
Тип пробы	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок	Суглинок
Zс*	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

ветствуют санитарно-гигиеническим нормам и требованиям для содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Поскольку планируемая продолжительность строительных работ составит двенадцать месяцев, то воздействие на атмосферный воздух за этот период характеризуется как кратковременное. Неблагоприятное воздействие на окружающую среду будет сведено к минимуму при соблюдении всех технологических требований [14].

Воздействие на почвенный покров набережной и прилегающих к ней территорий в период строительных работ возможно при передвижении техники, автотранспорта и загрязнения придорожной территории мусором. В результате будет происходить частичное разрушение, уплотнение и изменение физических свойств почв. Наиболее сильное повреждение почвенного покрова будет происходить в местах выполнения земляных работ. Однако организация работ строго в отведенных границах с соблюдением технологии строительства и последующим проведением рекультивационных работ на территории должны минимизировать негативные последствия строительства [15].

При любом типе строительных работ также может оказываться химическое воздействие на почвы, наиболее вероятное при проливах и разливах горюче-смазочных материалов от используемой строительной техники, а также при несанкционированном обращении со строительными и бытовыми отходами, которые будут образовываться в процессе

строительства. Изменение физико-механических и химических свойств почвенного покрова будет приводить к изменению биологических свойств почвы. Содержание бенз(а)пирена в почве служит информативным показателем загрязнения почвенного горизонта полициклических ароматических углеводородов [16]. Были проведены анализы почвенных образцов на содержание тяжелых металлов (табл. 7).

В результате лабораторных исследований почвы по химическим показателям на земельных участках, предполагаемых под строительство струенаправляющей дамбы и укрепление левого берега реки Амур в исследуемом районе (глубина отбора 0,0–0,2 м), установлено: концентрации мышьяка, свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, ртути, бенз(а)пирена в почве не превышают допустимых значений. Суммарный показатель загрязнения почвы в пробе 5 равен 7,7, в остальных пробах составляет менее 1. По химическим показателям почва в пробе 5 соответствует «допустимой» категории, в пробах 1; 2; 3; 4; 6 — «чистой» категории. Воздействия на почву при возведении инженерных сооружений будут временными, после чего необходимо проводить мероприятия по восстановлению ландшафта, почвенного покрова и растительности.

Заключение

Источником загрязнения окружающей среды в районе расположения объекта проектирования в основ-

ном является железнодорожный и автомобильный транспорт. В рассматриваемом районе концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не превышают санитарно-гигиенических нормативов. Отрицательное влияние строительства гидротехнических сооружений на исследуемый водный объект показали лабораторные анализы, для того чтобы его минимизировать, необходимо разработать природоохранные мероприятия. Превышения уровней допустимых концентраций и уровней, требующих вмешательства, в донных отложениях не зафиксировано. В результате исследований донных отложений по химическим и токсикологическим показателям установлено, что

они относятся к 4-му классу опасности как малоопасные отходы. Донные отложения, извлекаемые из реки Амур при строительстве объекта, могут быть использованы без ограничений. Отрицательное воздействие на территорию при строительстве объекта выражается в: механическом повреждении растительности и почвенного покрова в ходе проведения подготовительных работ; изменении свойств грунтов; загрязнении почвенного покрова и грунтов горюче-смазочными материалами. Почва, согласно лабораторным исследованиям, относится к категориям загрязнения «чистая» и «допустимая», поэтому грунт может быть использован для восстановления земель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Uddin G., Nash S., Rahman A., Olbert A.I. Performance analysis of the water quality index model for predicting water state using machine learning techniques // *Process Safety and Environmental Protection*. 2023. Vol. 169. Pp. 808–828. DOI: 10.1016/j.psep.2022.11.073
2. Zhao C.S., Yang Y., Yang S.T., Xiang H., Wang F., Chen X., Zhang H.M., Yu Q. Impact of spatial variations in water quality and hydrological factors on the food-web structure in urban aquatic environments // *Water Research*. 2019. Vol. 153. Pp. 121–133. DOI: 10.1016/j.watres.2019.01.015
3. Ye C., Xu Z., Lei X., Liao W., Ding X., Liang Y. Assessment of urban flood risk based on data-driven models: A case study in Fuzhou City, China // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022. Vol. 82. P. 103318. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2022.103318
4. Senapati S. Vulnerability and risk in the context of flood-related disasters: A district-level study of Bihar, India // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022. Vol. 82. P. 103368. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2022.103368
5. Shalikovskiy A. A series of floods in the Amur river basin: formation analysis and mechanisms of international cooperation // *Water sector of Russia problems technologies management*. 2022. Issue 2. Pp. 27–37. DOI: 10.35567/19994508_2022_2_3
6. Ishiwatari M., Sasaki D. Investing in flood protection in Asia: An empirical study focusing on the relationship between investment and damage // *Progress in Disaster Science*. 2021. Vol. 12. Pp. 100197. DOI: 10.1016/j.pdisas.2021.100197
7. Евтушкова Е.П. Влияние затопления муниципальных земель на устойчивое развитие территории Исетского района Тюменской области // *International Agricultural Journal*. 2022. Т. 65. № 5. DOI: 10.55186/25876740_2022_6_5_7
8. Gomez-Cunya L.-A., Fardhosseini M.S., Lee H.W., Choi K. Analyzing investments in flood protection structures: A real options approach // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2020. Vol. 43. P. 101377. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2019.101377
9. Chettri U., Chakrabarty T.K., Joshi S.R. Pollution index assessment of surface water and sediment quality with reference to heavy metals in Teesta River in Eastern Himalayan range, India // *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 2022. Vol. 18. P. 100742. DOI: 10.1016/j.enmm.2022.100742
10. Yan K., Wang H., Lan Z., Zhou J., Fu H.Z., Wu L., Xu J. Heavy metal pollution in the soil of contaminated sites in China: Research status and pollution assessment over the past two decades // *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 373. P. 133780. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133780
11. Valdiviezo Gonzales L.G., Castañeda-Olivera C.A., Cabello-Torres R.J., García Ávila F.F., Munive Cerón R.V., Alfaro Paredes E.A. Scientometric study of treatment technologies of soil pollution: Present and future challenges // *Applied Soil Ecology*. 2023. Vol. 182. P. 104695. DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104695
12. Гребенищикова Е.А., Шелковкина Н.С., Горбачева Н.А. Оценка воздействия на окружающую среду при строительстве автомобильной дороги // *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития* : мат. Всеросс. науч.-практ. конф. : в 4 т. Благовещенск, 20–21 апреля 2022 г. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 285–292. DOI: 10.22450/9785964205494_3_43
13. Валиев В.С., Иванов Д.В., Шагидуллин Р.Р. Метод комплексной оценки загрязненности донных отложений // *Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Лимнология*. 2019. № 9. С. 51–59. DOI: 10.17076/lim1122
14. Шелковкина Н.С., Гребенищикова Е.А., Горбачева Н.А. Влияние строительных работ на окружающую среду // *Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития* : мат. Всеросс. науч.-практ.

конференции : в 4 т. Благовещенск, 20–21 апреля 2022 г. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 404–410. DOI: 10.22450/9785964205494_3_60

15. Юст Н.А., Бусыгина Е.В. Рекультивация лесных земель Амурской области // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : мат. Всеросс. науч.-практ. конф. : в 4-х т. Благовещенск, 20–21 апреля 2022 г. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 388–394. DOI: 10.22450/9785964205470_2_56
16. Suchkov V.V., Khotimchenko S.A., Sazonova O.V., Gorbachev D.O., Ryazanova T.K., Semaeva E.A. Population health risk related to increased content of benzyrene in soil // *Health Risk Analysis*. 2017. No. 2. Pp. 65–72. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.07.eng

Об авторах: **Гребенщикова Елена Александровна** — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности и природообустройства; **Дальневосточный государственный аграрный университет (Дальневосточный ГАУ)**; Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86; РИНЦ ID: 950683; e-mail: grebenshchikova72@mail.ru;

Шелковкина Наталья Сергеевна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры строительного производства и инженерных конструкций; **Дальневосточный государственный аграрный университет (Дальневосточный ГАУ)**; Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86; РИНЦ ID: 480180; e-mail: shns@mail.ru;

Горбачева Наталья Анатольевна — старший преподаватель кафедры техносферной безопасности и природообустройства; **Дальневосточный государственный аграрный университет (Дальневосточный ГАУ)**; Российская Федерация, 675005, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86; РИНЦ ID: 950682; e-mail: gorbacheva-na78@mail.ru.

REFERENCES

1. Uddin G., Nash S., Rahman A., Olbert A.I. Performance analysis of the water quality index model for predicting water state using machine learning techniques. *Process Safety and Environmental Protection*. 2023; 169:808-828. DOI: 10.1016/j.psep.2022.11.073
2. Zhao C.S., Yang Y., Yang S.T., Xiang H., Wang F., Chen X., Zhang H.M., Yu Q. Impact of spatial variations in water quality and hydrological factors on the food-web structure in urban aquatic environments. *Water Research*. 2019; 153:121-133. DOI: 10.1016/j.watres.2019.01.015
3. Ye C., Xu Z., Lei X., Liao W., Ding X., Liang Y. Assessment of urban flood risk based on data-driven models: A case study in Fuzhou City, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022; 82:103318. DOI: 10.1016/j.ijdr.2022.103318
4. Senapati S. Vulnerability and risk in the context of flood-related disasters: A district-level study of Bihar, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022; 82:103368. DOI: 10.1016/j.ijdr.2022.103368
5. Shalikovskiy A. A series of floods in the Amur river basin: formation analysis and mechanisms of international cooperation. *Water sector of Russia problems technologies management*. 2022; 2:27-37. DOI: 10.35567/19994508_2022_2_3
6. Ishiwatari M., Sasaki D. Investing in flood protection in Asia: An empirical study focusing on the relationship between investment and damage. *Progress in Disaster Science*. 2021; 12:100197. DOI: 10.1016/j.pdisas.2021.100197
7. Evtushkova E.P. Influence of flooding of municipal lands on the sustainable development of the territory of the Is-etsky district of the Tyumen region. *International Agricultural Journal*. 2022; 65(5). DOI: 10.55186/25876740_2022_6_5_7 (rus.).
8. Gomez-Cunya L.-A., Fardhosseini M.S., Lee H.W., Choi K. Analyzing investments in flood protection structures: A real options approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2020; 43:101377. DOI: 10.1016/j.ijdr.2019.101377
9. Chettri U., Chakrabarty T.K., Joshi S.R. Pollution index assessment of surface water and sediment quality with reference to heavy metals in Teesta River in Eastern Himalayan range, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 2022; 18:100742. DOI: 10.1016/j.enmm.2022.100742
10. Yan K., Wang H., Lan Z., Zhou J., Fu H.Z., Wu L., Xu J. Heavy metal pollution in the soil of contaminated sites in China: Research status and pollution assessment over the past two decades. *Journal of Cleaner Production*. 2022; 373:133780. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133780
11. Valdiviezo Gonzales L.G., Castañeda-Olivera C.A., Cabello-Torres R.J., García Ávila F.F., Munive Cerrón R.V., Alfaro Paredes E.A. Scientometric study of treatment technologies of soil pollution: Present and future challenges. *Applied Soil Ecology*. 2023; 182:104695. DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104695
12. Grebenshchikova E.A., Shelkovkina N.S., Gorbacheva N.A. Environmental impact assessment during the construction of a highway. *Agro-industrial complex: problems and development prospects: Proceedings of the All-Russian*

- Scientific and Practical Conference : in 4 volumes, Blagoveshchensk, April 20–21, 2022.* Blagoveshchensk, Far Eastern State Agrarian University, 2022; 285-292. DOI: 10.22450/9785964205494_3_43 (rus.).
13. Valiev V.S., Ivanov D.V., Shagidullin R.R. Method of complex assessment of sediments contamination. *Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Limnology and Oceanology series.* 2019; 9:51-59. DOI: 10.17076/lim1122 (rus.).
 14. Shelkovkina N.S., Grebenshchikova E.A., Gorbacheva N.A. The impact of construction work on the environment. *Agro-industrial complex: problems and development prospects: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. In 4 volumes, Blagoveshchensk, April 20–21, 2022.* Blagoveshchensk, Far Eastern State Agrarian University, 2022; 404-410. DOI: 10.22450/9785964205494_3_60 (rus.).
 15. Yust N.A. Recultivation of forest lands in the Amur region. *Agro-industrial complex: problems and development prospects: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. In 4 volumes, Blagoveshchensk, April 20–21, 2022.* Blagoveshchensk, Far Eastern State Agrarian University, 2022; 388-394. DOI: 10.22450/9785964205470_2_56 (rus.).
 16. Suchkov V.V., Khotimchenko S.A., Sazonova O.V., Gorbachev D.O., Ryazanova T.K., Semaeva E.A. Population health risk related to increased content of benzpyrene in soil. *Health Risk Analysis.* 2017; 2:65-72. DOI: 10.21668/health.risk/2017.2.07.eng

About the authors: **Elena A. Grebenshchikova** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Environmental Management; **Far Eastern State Agrarian University (Far Eastern SAU)**; 86 Politekhnicheskaya st., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; ID RSCI: 950683; e-mail: grebenshchikova72@mail.ru;

Natalya S. Shelkovkina — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction Production and Engineering Structures; **Far Eastern State Agrarian University (Far Eastern SAU)**; 86 Politekhnicheskaya st., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; ID RSCI: 480180; e-mail: shns@mail.ru;

Natalya A. Gorbacheva — Senior Lecturer at the Department of Technosphere Safety and Environmental Management; **Far Eastern State Agrarian University (Far Eastern SAU)**; 86 Politekhnicheskaya st., Blagoveshchensk, 675005, Russian Federation; ID RSCI: 950682; e-mail: gorbacheva-na78@mail.ru.

ПОДГОТОВКА И ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ВНЕСЕНИЮ ИЗМЕНЕНИЙ В НОРМАТИВНУЮ ДОКУМЕНТАЦИЮ В ЧАСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБ

Илья Алексеевич Аверкеев¹, Елена Игоревна Зайцева¹, Елена Сергеевна Гогина²,
Владимир Александрович Орлов³

¹ ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК»; г. Москва, Российская Федерация

² Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры
и строительных наук (НИИСФ РААСН); г. Москва, Российская Федерация

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ);
г. Москва, Российская Федерация

Статья посвящена обоснованию целесообразности внедрения в действующую нормативную документацию новых требований в части гидравлического расчета труб, что стало возможно благодаря результатам научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИОКР) по теме: «Определение гидравлических характеристик труб из разных материалов различных диаметров», проведенной на базе НИИСФ РААСН в 2023 году. В статье представлены основные аспекты проведенной исследовательской работы, а также указаны конкретные нормативные документы, в которые предлагается внести соответствующие дополнения или правки в части гидравлического расчета труб.

Ключевые слова: нормативная документация, трубы, гидравлический расчет, исследования

Для цитирования: Аверкеев И.А., Зайцева Е.И., Гогина Е.С., Орлов В.А. Подготовка и обоснование предложений по внесению изменений в нормативную документацию в части гидравлического расчета труб // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 52–58. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.52-58

PREPARATION AND VERIFICATION OF PROPOSALS FOR THE INTEGRATION OF CHANGES INTO REGULATORY DOCUMENTATION IN TERMS OF HYDRAULIC CALCULATION OF PIPES

Ilya A. Averkeev¹, Elena I. Zaytseva¹, Elena S. Gogina², Vladimir A. Orlov³

¹ POLYPLASTIC Group; Moscow, Russian Federation;

² Russian Academy of Architecture and Building Sciences; Moscow, Russian Federation;

³ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation

The article is devoted to the justification of the feasibility of introducing into the current regulatory documentation, which became possible thanks to the results of research and development on the topic: "Determination of hydraulic characteristics of pipes made of different materials of different diameters"; conducted at the NIISF RAASN in 2023. The article presents the main aspects of the research work carried out, and also indicates specific regulatory documents to which it is proposed to make appropriate additions or amendments in terms of hydraulic calculation of pipe.

Keywords: regulatory documentation, pipes, hydraulic calculation, research

For citation: Averkeev I.A., Zaytseva E.I., Gogina E.S., Orlov V.A. Preparation and verification of proposals for the integration of changes into regulatory documentation in terms of hydraulic calculation of pipes. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2024; 3:52-58. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.52-58 (rus.).

Введение

Существующие нормативные документы, регламентирующие вопросы гидравлического расчета тру-

бопроводных сетей, помимо соответствующих зависимостей, как правило, содержат в себе характеристики труб и транспортируемой среды, применяемые при вычислении гидравлического сопротивления трубо-

проводной линии. Например, в Приложении А СП 399.1325800.2018¹ представлены данные о коэффициентах эквивалентной шероховатости труб K_s из различных материалов и величины коэффициентов кинематической вязкости воды. Или в СП 66.13330.2011², где соответствующие данные представлены для труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) в зависимости от типа внутреннего покрытия. Сведения из этих двух документов в части шероховатости внутренней поверхности труб можно считать относительно актуальными, хотя и принимая во внимания тот факт, что технологии изготовления труб совершенствуются с каждым годом с соответствующим влиянием на качество их внутренней поверхности. В то же время существуют устаревшие документы, например СП 40-104-2001³, в котором установлены показатели шероховатости для стеклопластиковых труб, выпускавшихся более 20 лет назад. Для ряда материалов, таких как сталь или серый чугун, сведения об их шероховатости в принципе отсутствуют в действующей нормативной документации и представлены лишь в отдельных литературных изданиях 10-, 20-, 40- или даже 50-летней давности [1–4]. Методология определения коэффициентов шероховатости для труб также не определена действующими нормативными документами. Существует ряд стандартов, регламентирующих вопросы определения величины шероховатости произвольной поверхности в целом и параметра R_a — среднеарифметического отклонения профиля внутренней поверхности трубы от средней линии в частности. Например, это ГОСТ 2789–73⁴, ГОСТ 19300–86⁵, ГОСТ 27964–88⁶, ГОСТ Р 70117–2022⁷. Однако указанные стандарты и принципы определения шероховатости, заложенные в них, не отражают особенности формирования потерь напора именно в трубопроводах [3, 5]. Для актуализации сведений, представленных в действующих нормативных документах в части значений коэффициентов эквивалентной шероховатости, а также для

целей разработки методики определения этих коэффициентов, которая должна стать основой для нового национального стандарта на методы испытаний, в 2023 году, согласно плану Минстроя России, на базе НИИСФ РААСН была проведена НИОКР «Определение гидравлических характеристик труб из разных материалов различных диаметров». Подготовка такого стандарта на базе проведенной НИОКР позволит наконец установить единые критерии определения шероховатости трубопроводов, получить их достоверные значения и таким образом оптимизировать выбор типа труб и их диаметров при выполнении гидравлического расчета, поскольку шероховатость непосредственно влияет на потери энергии потока жидкости.

Это в свою очередь позволит проектировщикам подбирать наиболее энергоэффективные и технически достаточные проектные решения, связанные с применением трубопроводов в системах водоснабжения и водоотведения, и в том числе оптимизировать диаметры трубопроводных линий, а также сделать максимально достоверным гидравлический расчет трубопроводной сети.

Необходимо также отметить, что результаты проведенной НИОКР применяются в настоящее время при выполнении силами специалистов АО ВНИИСТ и Группы ПОЛИПЛАСТИК научно-исследовательской работы (НИР) на тему: «Разработка усовершенствованной методики ОСЖЦ трубопроводных систем водоснабжения и водоотведения, предусматривающей определение полного перечня факторов, оказывающих влияние на стоимость жизненного цикла в процессе строительства, эксплуатации, ремонта и утилизации трубопроводов сетей водоснабжения и водоотведения», включенной в план Минстроя России по проведению исследовательских работ на 2024 год. Результатом данной работы станет уточненное формульное определение эксплуатационных затрат на основе принятых подходов в соответствии с нормативными и техническими документами, которое позволит посчитать стоимость жизненного цикла объектов водоснабжения и водоотведения с учетом дисконтирования затрат во времени.

Цели и задачи

Ключевой целью по подготовке предложений по совершенствованию нормативной документации по результатам НИОКР является повышение эффективности применения трубопроводных систем, что, в свою очередь, повлияет на предынвестиционное и инвестиционное обоснование строительства и модернизации коммунальной инфраструктуры.

Достижение указанной цели стало возможным благодаря решению задач, выполненных в рамках НИОКР, а именно проведение экспериментальной работы на специальной гидравлической установке

¹ СП 399.1325800.2018. Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. Правила проектирования и монтажа.

² СП 66.13330.2011. Проектирование и строительство напорных сетей водоснабжения и водоотведения с применением высокопрочных труб из чугуна с шаровидным графитом.

³ СП 40-104-2001. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов водоснабжения из стеклопластиковых труб.

⁴ ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

⁵ ГОСТ 19300–86. Средства измерений шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры.

⁶ ГОСТ 27964–88. Измерение параметров шероховатости. Термины и определения.

⁷ ГОСТ Р 70117–2022. Шероховатость поверхности. Рекомендации по выбору.

(стенде), в процессе которой был получен большой объем данных о гидравлических параметрах работы труб из различных материалов и проведена его математическая обработка автоматизированным способом с получением значений коэффициентов эквивалентной шероховатости. Также была выполнена оценка принятой методологии проведения испытаний путем сравнения экспериментальных результатов с данными из существующих документов и литературы с дальнейшей подготовкой конкретных предложений по внесению изменений в действующую и разработке новой нормативной документации, регламентирующей вопросы гидравлического расчета труб и получения необходимых параметров для проведения такого расчета.

Проведение и результаты эксперимента

Сущность методики определения коэффициентов эквивалентной шероховатости трубопроводов водоснабжения и водоотведения, выполненных из различных материалов, заключается в оценке гидравлического сопротивления, возникающего в соответствующем типе трубопровода при пропуске через него широкого диапазона расходов воды, с последующей математической обработкой полученных результатов и определением численных значений коэффициентов эквивалентной шероховатости. Испытательный стенд для проведения экспериментальной работы по оценке гидравлического сопротивления (рис. 1) обеспечивал надежное закрепление и возможность испытания труб различной конструкции с устройством рабочего отрезка (между пьезометрами) длиной не менее чем 10 м.

Конструкция стенда должна обеспечивать удаление воздуха из трубопроводов. Рекомендуемая схема стенда представлена на рис. 2.

Потери напора на испытательных участках оцениваются путем снятия соответствующих показаний с пьезометрических трубок (пьезометров), установ-



Рис. 1. Общий вид испытательного стенда

ленных в начале и в конце рабочего отрезка исследуемой трубы (рис. 3).

Пьезометры были выполнены из гибких полимерных прозрачных трубок, позволяющих визуально определить уровень воды. Трубки были выведены на вертикальную каркас-стенку. Параллельно трубкам на вертикальных каркас-стенках были устроены мерные шкалы с ценой деления 1 мм. Мерная шкала была выполнена путем устройства на каркас-стенках измерительных рулеток, имеющих действующее свидетельство о поверке. Насосный агрегат был оборудован преобразователем частоты вращения рабочего колеса и обеспечивал диапазон расходов воды в исследуемом трубопроводе, соответствующий

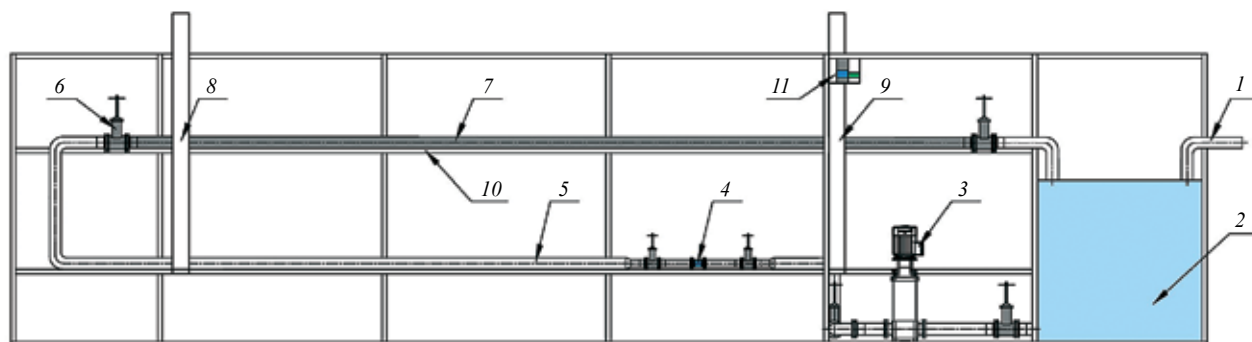


Рис. 2. Рекомендуемая схема испытательного стенда: 1 — подача воды; 2 — накопительная емкость; 3 — насос; 4 — датчики расходомера; 5 — подающий трубопровод; 6 — запорная арматура; 7 — исследуемый трубопровод; 8, 9 — пьезометры в начале и конце рабочего отрезка; 10 — рама для крепления трубопровода; 11 — блок управления расходомера

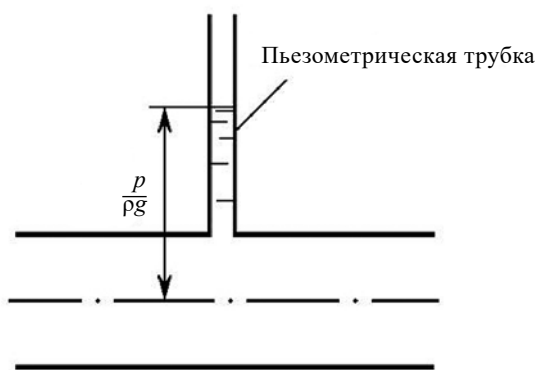


Рис. 3. Схема устройства пьезометрической трубки

ший скорости движения воды в интервале от 0,2 до 3 м/с. Величина пропускаемых расходов оценивалась с помощью ультразвукового расходомера с накладными датчиками, имеющего действующее свидетельство о поверке. Исследованию подвергались трубы внутренним диаметром от 88 до 103 мм (в зависимости от материала труб и наличия внутреннего покрытия, в том числе цементно-песчаного покрытия (ЦПП)). Выбирались такие длины отрезков труб для монтажа испытательных участков, которые бы минимизировали количество соединений на рабочем отрезке между пьезометрами, либо полностью их исключали, как, например, было реализовано для труб из полиэтилена. Испытания проводились в следующем порядке:

- выполнялось заполнение водой накопительной емкости испытуемых и подводящих трубопроводов до уровня, обеспечивающего штатное функционирование насосного агрегата и системы в целом. Обеспечивалось полное удаление воздуха из испытуемых и подводящих трубопроводов;
- каждый из типов труб испытывался отдельно от остальных, которые отключались посредством закрытия запорной арматуры (поворотных затворов);
- оценка показаний пьезометров производилась для 30 значений расходов. Расходы воды задавались путем изменения частоты вращения рабочего колеса насосного агрегата;
- замер показаний на пьезометрах осуществлялся после стабилизации расхода, определяемого согласно показаниям расходомера. Выполнялось по 4 одновременных измерения на каждом из пьезометров при соответствующем расходе. Показания пьезометров фиксировались в протоколе для соответствующего типа трубы и расхода воды.

Обработка результатов испытаний осуществлялась автоматизированным способом в разработанной программе-надстройке на языке Visual Basic for Applications (VBA) в среде MS Excel [6] с использованием следующих зависимостей.

Дарси – Вейсбаха для гидравлического трения:

$$\lambda = \frac{2 \cdot i \cdot g \cdot d}{V^2}, \quad (1)$$

где i — удельные потери напора, м/м;
 g — ускорение свободного падения, м/с²;
 d — внутренний диаметр трубопровода, м;
 V — скорость движения воды, м/с.

Уравнения Прандтля для вполне шероховатых труб [3]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg \cdot \frac{d}{K_s} + 1,14, \quad (2)$$

где λ — коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода;

d — внутренний диаметр трубопровода, мм;

K_s — коэффициент эквивалентной шероховатости трубопровода, мм.

Зависимости Колбрука – Уайта [3, 7–9]:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \lg \left[\frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3,71} \cdot \frac{K_s}{d} \right], \quad (3)$$

где Re — число Рейнольдса, определяемое по формуле:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (4)$$

где V — скорость течения воды, м/с;

ν — коэффициент кинематической вязкости воды, м²/с.

Формулы Прандтля для области гладкого трения турбулентного режима течения жидкости:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \cdot \lg(\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}) - 0,8. \quad (5)$$

Значения шероховатостей, полученных после обработки результатов испытаний, представлены в таблице.

Также необходимо отметить, что шероховатость труб определяет гидравлическое сопротивление трубопроводов, что в дальнейшем позволяет оценить энергию, затрачиваемую на транспортировку жидкости. Такие затраты можно оценить по формуле:

$$\Xi = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta_{\text{нас}} \cdot \eta_{\text{двиг}}} \cdot 24 \cdot 365, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (6)$$

где Q — расход воды, м³/с;

H — потери напора по длине трубопроводов, м;

$\eta_{\text{нас}}$ — собственный КПД насоса, принимаемый равным 0,85;

$\eta_{\text{двиг}}$ — КПД электродвигателя насосного агрегата, принимаемый равным 0,9.

На основе сведений о стоимости электроэнергии можно оценить стоимость эксплуатации трубопро-

Значения K_3 и $C_{эл}$ для труб из различных материалов

Материал трубы	Коэффициент эквивалентной шероховатости, полученный экспериментальным путем, K_3 , мм	$C_{эл}$, млн руб. в год
ВЧШГ с ЦПП	0,1225	79,12
НПВХ	0,0075	64,61
ПВХ-О	0,0128	66,31
Полиэтилен ПЭ 100	0,0043	63,17
Сталь новая	0,0148	66,82
Сталь с ЦПП	0,4767	95,31
Сталь, бывшая в эксплуатации	0,0967	77,19
Стеклопластик	0,0388	71,19
Серый чугун	0,3232	89,64

Примечание. При расчете значений стоимости было принято, что общая длина трубопроводных линий 100 км, внутренний диаметр труб 500 мм, скорость движения воды 1,5 м/с, а средний тариф за кВт·ч составляет 6,6 руб.

водов с точки зрения затрат на электроэнергию $C_{эл}$ в зависимости от применяемого материала труб, разумеется принимая во внимание тот факт, что затраты на электроэнергию являются далеко не единственными в части эксплуатационных затрат для сетей водоснабжения и водоотведения, но одними из самых значимых. Полученные значения представлены также в таблице.

По итогам проведенных исследований можно заключить, что представляется весьма целесообразным и своевременным внесение изменений в существующие Своды правил по проектированию и строительству, а также разработка нового национального стандарта на методы испытаний. В частности, были подготовлены следующие предложения:

- в СП 31.13330.2021⁸ в части корректировки Приложения В. А именно: исключить из В.1 ссылки на Своды правил, фактически не содержащие методик гидравлического расчета труб (СП 272.1325800.2016⁹ и СП 273.1325800.2016¹⁰). Включить в пункт ссылку на СП 399.1325800.2018¹ в части гидравлического расчета полимерных труб. Включить в приложение таблицу со значениями шероховатости, полученными в рамках НИОКР, которые рекомендуется принимать при расчете соответствующих типов труб;

⁸ СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

⁹ СП 272.1325800.2016. Системы водоотведения городские и поселковые. Правила обследования.

¹⁰ СП 273.1325800.2016. Водоснабжение и водоотведение. Правила проектирования и производства работ при восстановлении трубопроводов гибкими полимерными рукавами.

- в СП 32.13330.2018¹¹ в части корректировок требований к гидравлическому расчету. Дополнить подраздел 5.2 положением о выборе коэффициентов эквивалентной шероховатости K_3 со ссылкой на СП 31.13330.2021⁸. Представить таблицу со значениями безразмерных коэффициентов шероховатости n [10], полученных путем пересчета экспериментальных значений K_3 при помощи формул [2]:

$$K_3 = 4 \cdot (40 \cdot g \cdot n^2)^{\frac{1}{\alpha}}, \text{ м}; \quad (7)$$

$$K_3 = 4000 \cdot (40 \cdot g \cdot n^2)^{\frac{1}{\alpha}}, \text{ мм}; \quad (8)$$

$$\alpha = 0,3124K_3^{0,0516}; \quad (9)$$

- в СП 66.13330.2011² скорректировать табл. 5.1 в части значения K_3 для труб сетей водоснабжения, имеющих цементно-песчаное покрытие. Добавить примечание о том, что указанные значения шероховатостей труб с покрытиями следует принимать только в случае, если такое покрытие предусмотрено нормативной документацией на изготовление труб и покрытие нанесено в заводских условиях непосредственно изготовителем труб;
- в СП 273.1325800.2016¹⁰ в части корректировки выбора значений коэффициента шероховатости для рукава. А именно скорректировать п. 5.10 и изменить минимальное значение при отсутствии экспериментальных данных с 0,01 на 0,04 мм;
- в СП 399.1325800.2018¹ в части корректировки значений коэффициентов эквивалентной шероховатости K_3 для труб из полиэтилена, НПВХ и ПВХ-О в табл. А.1. Приложения А;
- в СП 503.1325800.2021¹² в части выбора величин шероховатости. А именно в п. 7.4.5 указать, что выбор величины коэффициента эквивалентной шероховатости следует осуществлять в соответствии с СП 399.1325800.2018¹. Исключить в п. 7.4.13 предложение: «Для гидравлически гладких труб влияние шероховатости допускается не учитывать».

В рамках предложения по разработке национального стандарта на методы испытаний представляется целесообразным разработка документа, содержащего требования к определению коэффициента эквивалентной шероховатости внутренней поверхности труб из различных материалов. За основу предлагается взять методику определения коэффициента эквивалентной шероховатости, представленную

¹¹ СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения.

¹² СП 503.1325800.2021. Трубопроводы из непластифицированного поливинилхлорида самотечных систем водоотведения. Правила проектирования, строительства и эксплуатации.

в соответствующем разделе проведенного НИОКР и кратко описанную в рамках данной статьи.

Дополнительно видится целесообразным внесение изменений в ГОСТ Р 54560–2015¹³ в части изменения величины шероховатости, представленной в п. 10.7.

Очевидно, что итоги выполненной НИОКР непосредственно оказывают влияние на оценку стоимости жизненного цикла (ОСЖЦ) трубопроводных систем. Результаты проведенной работы послужат источником важной информации при разработке усовершенствованной методики ОСЖЦ в рамках плана Минстроя на 2024 г., что, в свою очередь, позволит внести корректировки в СП 517.1325800.2022¹⁴ для целей нормативно-технического обоснования возможности учета использования стоимости жизненного цикла объектов водоснабжения и водоотведения и актуализации требований и правил, определяющих организацию безопасной эксплуатации централизованных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения.

Выводы

Полученные по итогам НИОКР результаты могут служить основой для серьезных изменений в действующую нормативную документацию в части требований, регламентирующих вопросы гидравлического расчета трубопроводов. Одновременно с этим, на основе той методологии испытаний, которая использовалась в рамках НИОКР, может быть разработан принципиально новый национальный стандарт, который впервые будет регламентиро-

вать вопросы определения шероховатости именно труб и учитывать все нюансы возникновения в них гидравлических сопротивлений. Проведенная работа и внесение изменений в действующую нормативную документацию также будет иметь существенный экономический эффект. Полученные в результате выполнения НИОКР коэффициенты эквивалентной шероховатости и методика их определения позволят на этапе проектирования определять наиболее энергоэффективные и технически достаточные проектные решения, связанные с применением трубопроводов в системах водоснабжения и водоотведения. Выбираемые типы труб и их диаметры будут в максимальной степени оптимизированы и достаточны с учетом параметров функционирования трубопроводной сети. Будут улучшены характеристики работы сети с точки зрения снижения неоправданных потерь напора (энергии), связанные с неточным и весьма укрупненным подбором диаметров трубопроводной сети по причине применения устаревших методик гидравлического расчета и неактуальных данных по шероховатости внутренней поверхности труб. Неоспоримо также, что результаты проведенной НИОКР окажут существенное влияние на формирование методики ОСЖЦ, которая впоследствии будет интегрирована в существующие федеральные нормативные документы и позволит повысить эффективность эксплуатации централизованных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения.

Таким образом, результаты проведенных исследований напрямую содействуют вопросам экологической безопасности, а также энергосбережению при транспортировке воды по напорным трубопроводам, что согласуется с технологическими задачами обеспечения биосферной совместимости человека и природы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. М. : Издательский Дом «БАСТЕТ», 2014. 382 с.
2. Добромислов А. Я. Таблицы для гидравлических расчетов трубопроводов из полимерных материалов. Т. 2. Безнапорные трубопроводы. М. : ВНИИМП, 2004. 128 с.
3. Альтишуль А. Д. Гидравлические сопротивления. М. : Недра, 1982. 224 с.
4. Курганов А. М., Федоров Н. Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Л. : Стройиздат, 1973. 408 с.
5. Аверкеев И. А. Об особенностях определения коэффициента эквивалентной шероховатости полимерных труб // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 12. С. 32–34. DOI: 10.35776/MNP.2019.12.05 EDN: THWLKA
6. Аверкеев И. А. Инструменты ускорения процессов проектирования и расчета полимерных трубопроводных систем // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 3. С. 37–40. DOI: 10.35776/VST.2024.03.05
7. PPI Handbook of Polyethylene Pipe. 2nd ed. 2012. 583 p.
8. Добромислов А. Я. Таблицы для гидравлических расчетов трубопроводов из полимерных материалов. Т. 1. Напорные трубопроводы. М. : ВНИИМП, 2004. 209 с.
9. ATV-DVWK STANDARD ATV-DVWK-A 110E. "Hydraulic Dimensioning and Performance Verification of Sewers and Drains". Hennef, Germany. GFA Publishing Company of ATV-DVWK Water, Wastewater and Waste, 2001. 79 p.

10. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. М. : ООО «ИД БАСТЕТ», 2014. 423 с.

Об авторах: **Илья Алексеевич Аверкеев** — кандидат технических наук, начальник отдела проектных решений и экспертизы; **ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК»**; Российская Федерация, 119530, г. Москва, Очаковское шоссе, д. 18, стр. 3; ID РИНЦ: 692866, Scopus: 55845849000; e-mail: ilya.averkeyev@polyplastic.ru;

Елена Игоревна Зайцева — кандидат технических наук, начальник управления нормативно-технического обеспечения; **ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК»**; Российская Федерация, 119530, г. Москва, Очаковское шоссе, д. 18, стр. 3; e-mail: zaytseva@polyplastic.ru;

Елена Сергеевна Гогина — кандидат технических наук, главный научный сотрудник; **Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН)**; Российская Федерация, 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21, стр. 3; SPIN-code: 8418-4863, Scopus: 55841908100, ResearcherID: P-7887-2015, ORCID: 0000-0003-4893-8922; e-mail: goginaes@gmail.com;

Владимир Александрович Орлов — доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-code: 8681-4302, Scopus: 56242002100, ResearcherID: AAC-8994-2022, ORCID: 0000-0003-2615-0448; e-mail: orlov950@yandex.ru.

REFERENCES

1. Shevelev F.A., Shevelev A.F. *Tables for hydraulic calculation of water pipes*. Moscow, Publishing House “BASTET”, 2014; 382. (rus.).
2. Dobromyslov A. Ya. *Tables for hydraulic calculations of pipelines made of polymeric materials. Volume 2 “Graphite pipelines”*. Moscow, VNIIMP Publishing House, 2004; 128. (rus.).
3. Altshul A.D. *Hydraulic resistances*. Moscow, Publishing house “Nedra”, 1982; 224. (rus.).
4. Kurganov A.M., Fedorov N.F. *Handbook of hydraulic calculations of water supply and sewerage systems*. Leningrad, Stroyizdat Publ., 1973; 408. (rus.).
5. Averkееv I.A. On special features of determining the coefficient of equivalent polymer pipe roughness (to be discussed). *Water Supply and Sanitary Technique*. 2019; 12:32-34. DOI: 10.35776/MNP.2019.12.05 EDN: THWLKA (rus.).
6. Averkееv I.A. Tools for accelerating the processes of design and calculation of polymer piping systems. *Water Supply and Sanitary Technique*. 2024; 3:37-40. DOI: 10.35776/VST.2024.03.05 EDN: MPPQDB (rus.).
7. *PPI Handbook of Polyethylene Pipe*. 2nd ed. 2012; 583. (rus.).
8. Dobromyslov A. Ya. *Tables for hydraulic calculations of pipelines made of polymeric materials. Volume 1 “Pressure pipelines”*. Moscow, VNIIMP Publishing House, 2004; 209.
9. *ATV-DVWK STANDARD ATV-DVWK-A 110E. “Hydraulic Dimensioning and Performance Verification of Sewers and Drains”*. Hennef, Germany. GFA Publishing Company of ATV-DVWK Water, Wastewater and Waste, 2001; 79.
10. Lukinykh A.A., Lukinykh N.A. *Tables for hydraulic calculation of sewer networks and siphons according to the formula of academician N.N. Pavlovsky*. Moscow, ООО “ИД “БАСТЕТ”, 2014; 423. (rus.).

About the authors: **Илья А. Аверкеев** — PhD, Head of Design Solutions and Expertise Department; **Polyplastic Group**; bld. 3, 18 Ochakovskoe shosse, Moscow, 119530, Russian Federation; RSCI ID: 692866, Scopus: 55845849000; e-mail: ilya.averkeyev@polyplastic.ru;

Elena I. Zaytseva — PhD, Head of the Department of Regulatory and Technical Support; **Polyplastic Group**; bld. 3, 18 Ochakovskoe shosse, 119530, Moscow, Russian Federation; e-mail: zaytseva@polyplastic.ru;

Elena S. Gogina — PhD, Chief Researcher Research Institute of Building Physics; **Russian Academy of Architecture and Building Sciences**; bld. 3, 21 Lokomotivnyi pr., Moscow, 127238, Russian Federation; SPIN-code: 8418-4863, Scopus: 55841908100, ResearcherID: P-7887-2015, ORCID: 0000-0003-4893-8922; e-mail: gogina-es@yandex.ru;

Vladimir A. Orlov — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Water Supply and Sanitation; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 8681-4302, Scopus: 56242002100, ResearcherID: AAC-8994-2022, ORCID: 0000-0003-2615-0448; e-mail: orlov950@yandex.ru.

Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 59–64

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 574.5.577.472

DOI: 10.22227/2311-1518.2024.59-64

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПРОДУКТОВ РАСПАДА ФЛОКУЛЯНТОВ

Эльвира Эрнстовна Василевич¹, Илья В. Мельников¹, Виктор Романович Чупин¹,
Александр Юрьевич Сколубович²

¹ Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ); г. Иркутск,
Российская Федерация;

² Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин); г. Новосибирск,
Российская Федерация

В наше время одним из важных аспектов государственной политики является решение проблемы захламления земель отходами производства и потребления, их переработки и утилизации. Природоохранное законодательство РФ строго регулирует сферу обращения с отходами. Федеральные законы регламентируют, что сброс производственных отходов и продуктов потребления жизнедеятельности человека не должен представлять опасности для окружающей среды. По результатам исследований установлено, что в процессе подготовки питьевой воды с использованием флокулянтов остаточные дозы этих реагентов могут попадать в воду, большое значение имеет присутствие непрореагировавших мономеров и реагентов, используемых при их синтезе. Токсичность этих веществ значительно превышает токсичность самих реагентов. В настоящее время действующая дифференцированная система оценки определения концентраций нормируемых компонентов и сопоставления их с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) имеет большие недостатки. Рассматривается оценка токсичности продуктов распада флокулянтов с помощью методов биотестирования.

Ключевые слова: биотестирование, токсичность, метод, *scenedesmus quadricauda*, водоросли, флокулянты, реагенты, момеры

Для цитирования: Василевич Э.Э., Мельников И.В., Чупин В.Р., Сколубович А.Ю. Оценка токсичности продуктов распада флокулянтов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 59–64. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.59-64

ASSESSMENT OF THE TOXICITY OF FLOCCULANTS DECOMPOSITION PRODUCTS

Elvira E. Vasilevich¹, Ilya V. Melnikov¹, Viktor R. Chupin¹, Aleksey Yu. Skolubovich²

¹ Irkutsk National Research Technical University (IRNTU); Irkutsk, Russian Federation;

² Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin); Novosibirsk, Russian Federation

Nowadays one of the important aspects of the state policy is to solve the problem of land littering with production and consumption wastes, their processing and utilization. The environmental legislation of the Russian Federation strictly regulates the sphere of waste management. Federal laws regulate that the discharge of industrial waste and human waste products should not pose a threat to the environment. According to the results of research it was established that in the process of drinking water treatment with the use of flocculants residual doses of these reagents can get into the water, the presence of unreacted monomers and reagents used in their synthesis is of great importance. The toxicity of these substances far exceeds the toxicity of the reagents themselves. At present, the current differentiated system of evaluation of determination of concentrations of standardized components and their comparison with maximum permissible concentrations (MPC) has great disadvantages. The evaluation of toxicity of flocculant decomposition products by means of biotesting methods is considered.

Keywords: biotesting, toxicity, method, *scenedesmus quadricauda*, algae, flocculants, reagents, monomers

For citation: Vasilevich E.E., Melnikov I.V., Chupin V.R., Skolubovich A.Yu. Assessment of the toxicity of flocculants decomposition products. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3:59-64. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.59-64 (rus.).

Введение

В последнее время в России весьма актуальной является проблема обеспечения населения качественной питьевой водой, что влечет за собой наблюдения за изменениями состояния окружающей среды¹. Это связано с антропогенным воздействием на водоемы, плохим их санитарным состоянием и низкой эффективностью мероприятий по водоохранной защите,

а также недостаточно функциональным состоянием сооружений очистки сточных вод и станций водоподготовки. Система этих наблюдений и прогнозов составляет суть экологического мониторинга. В этих целях все чаще применяется и используется достаточно эффективный и недорогой способ мониторинга среды — биоиндикация или биотестирование [1].

С помощью биотестирования определяется степень токсического воздействия биологических, химических и физических факторов исследуемой среды:

¹ Об охране окружающей среды : ФЗ № 7-ФЗ.

острой и хронической токсичности питьевых, природных, как грунтовых, так и поверхностных, сточных вод. Оно выполняется для определения показателей соответствия нормативным требованиям водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, строительных конструкций и отходов в лабораторных условиях. Результаты биоиндикации учитывают величину предельно допустимых сбросов (ПДС) загрязняющих веществ в водные объекты.

Метод биотестирования применяется при установлении нормативных требований к качеству вод, наряду с физико-химическими. Применение метода актуально в случаях проведения экологического контроля за соблюдением нормативов допустимых сбросов химических веществ в водные объекты, нормативов допустимых воздействий хозяйственной и иной деятельности на водные объекты, осуществления государственного экологического мониторинга за состоянием водных объектов в районах расположения источников антропогенного воздействия, проведения оценки изменения состояния водных экосистем, биоценозов.

Биоиндикация получила широкое применение в Европе с середины прошлого века на промышленных предприятиях, напрямую сбрасывающих стоки в водные объекты или отправляемых на канализационные очистные сооружения (КОС). В России применение данного метода было ограничено ввиду отсутствия нормативно-правовых документов, регламентов токсикологического контроля и простых удобных методических руководств, пригодных для использования в условиях промышленных предприятий.

В настоящее время происходит совершенствование системы водоснабжения и водоотведения за счет внедрения современных технологий очистки воды с использованием новых химических реагентов. Основные технологии механического обезвоживания осадка бытовых сточных вод предполагают использование флокулянтов^{2,3}. Часть реагентов и продуктов их распада неизменно возвращаются с фугатом в цикл очистки, с осадком на площадки хранения и полигоны.

Обеспечение качественной питьевой водой, поставляемой населению предприятиями водоснабжения, зависит от организации и оперативности контроля качества воды во всех технологических звеньях системы:

- в контрольных створах водных объектов;
- местах водозаборов;

- в емкостях чистой воды после ее очистки и обеззараживания;
- в распределительной водопроводной сети у потребителей.

Предметом контроля техпроцессов при производстве питьевой воды являются водные среды, характеризующиеся: неограниченной переменной совокупностью свойств, неопределенностью состава с большим числом многокомпонентных ингредиентов, способных изменять свои свойства под влиянием внешних факторов и взаимодействовать друг с другом, создавая непредсказуемые химические соединения.

По результатам исследований установлено, что в процессе производства питьевой воды с использованием флокулянтов и коагулянтов остаточные дозы этих реагентов могут попадать в воду, большое значение имеет присутствие непрореагировавших мономеров и реагентов, используемых при их синтезе. Токсичность этих веществ значительно превышает токсичность самих реагентов [2–7].

В современных технологиях очистки воды часто используются полимерные флокулянты. Эти вещества вызывают образование крупных связанных агрегатов (так называемых хлопьев), которые оседают в растворе. Синтетические полимеры при низких дозировках являются высокоэффективными флокулянтами, однако проявляют слабую устойчивость к предельному динамическому напряжению сдвига (реологической характеристике, позволяющей аналитически прогнозировать режимы течения суспензий, обеспечивающих сохранение флокуляционной структуры). В случае водорастворимых полимеров их флокулирующий эффект зависит от размера случайных клубков (т.е. от радиуса вращения), которые имеют наиболее выгодную для макромолекул конформацию в растворе. Другими существенными недостатками флокулянтов на основе синтетических полимеров являются отсутствие биоразлагаемости и, следовательно, нагрузка на окружающую среду, а также сложность переработки шлама после сгущения [8].

В настоящее время действует дифференцированная система оценки определения концентраций нормируемых компонентов и сопоставления их с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), имеет большие недостатки, поскольку:

1. Высокая токсичность и к тому же жесткие требования к уровню ПДК для ряда тяжелых металлов и большинства органических токсикантов существенно усложняют процедуры аналитического химического контроля, требуют больших временных и весьма значительных материальных затрат на проведение комплексного контроля качества воды.

² ГОСТ 59748–2021. Технические принципы обработки осадков сточных вод.

³ ИТС–10–2019. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений и городских округов.

2. Проведение полного анализа воды по всем установленным в нормативных документах индивидуальным показателям не дает возможности определить их комплексное воздействие на организм человека и биоту.

Из чего можно сделать вывод о неполноте существующего подхода к оценке качества воды для окружающей среды и о необходимости поиска методов экологического контроля, дополняющих существующие методы.

Таким образом, исследование средств для комплексной эколого-токсикологической оценки воздействия флокулянтов и коагулянтов на водные объекты сводится к разработке комплекса методов контроля качества воды и требует дополнительных исследований.

Вопросами исследования реагентов, в частности флокулянтов, занимались такие ученые, как: И.Е. Постнов, А.Н. Крайнюкова, Л.В. Гандурина, Д.М. Минц, А.К. Запольский, А.А. Баран, И.М. Соломенцева, В.Р. Муравьев, Г.Н. Герасимов, Б.Н. Епифанцев и др. Многие работы этих авторов посвящены изучению флокулянтов и коагулянтов. Но в них недостаточно проработаны вопросы влияния продуктов распада этих реагентов. Таким образом, вопрос влияния этих веществ на природные и сточные воды требует дополнительного изучения.

Объект исследования — природные и сточные воды.

Предмет исследования — разработка методов оценки влияния реагентов на природные и сточные воды с помощью методов биотестирования.

Цель и задачи исследования

Целью работы является разработка методов для оценки качества воды и водных сред, содержащих остаточные реагенты после очистки на предприятиях водоподготовки и очистки сточных вод, а также и оценка токсичности самих реагентов, в частности флокулянтов.

Для достижения поставленной цели на первом этапе была поставлена задача по определению оценки токсичности продуктов распада флокулянтов на различных пробах.

При решении поставленных задач исследования использовались микроскопические, визуальные, фотоэлектроколориметрические, физико-химические, микробиологические, органолептические методы оценки качества воды. Излагается апробация методов токсикологического контроля остаточных доз реагентов, применяемых в водоподготовке и водоочистке.

В эксперименте были выбраны реагенты: полиакриламид катионный флокулянт PRIME: СЕРИЯ

С 220, С 2200, катионоактивный полимер ПОЛИФЛОК К-1040, полимер акриламида ПОЛИФЛОК(С) А-1510, флокулянт полимер акриламида ПОЛИФЛОК(С) А-1510 как наиболее применяемые на сооружениях в Иркутской области.

По литературным данным, исследуемые флокулянты не обладают канцерогенными, эмбриотоксическими, гонадотоксическими, мутагенными и тератогенными свойствами и имеют 4-й класс опасности, что подтверждено как результатами исследований на теплокровных животных, так и опытом длительного применения указанных флокулянтов за рубежом для очистки питьевой воды [9].

Оценка токсичности реагентов проводилась с помощью биотестирования на зеленых протококковых водорослях *Scenedesmus Quadricauda Turpina Brebisson* как наиболее зарекомендовавшая себя методика в текущих исследованиях. Показателем являются различия в интенсивности роста микроводорослей в исследуемой и контрольной пробе^{4, 5}.

Для количественной оценки токсичности вещества (смеси веществ) устанавливают среднюю эффективную концентрацию вещества (смеси веществ) за 72 ч или 7 сут биотестирования ($ЭК_{50}$ за 72 ч или $ЭК_{50}$ за 7 сут)^{4, 5}.

Границы, в которых находится относительная погрешность определения токсичности по данной методике с заданной доверительной вероятностью $P = 0,95$, составляют $\pm 34 \%$ ^{4, 5}.

Наибольшее возможное значение среднего квадратического отклонения случайной составляющей относительной погрешности определения токсичности по данной методике σ (δ) составляет 17 %.

Характеристики погрешности установлены по результатам внутрिलाбораторного эксперимента с использованием эталонного вещества — калия двуххромовокислого ($K_2Cr_2O_7$)^{4, 5}.

В результате проведенного экспериментального исследования были получены количественные характеристики оценки токсичности. Получена величина, показывающая, является ли токсичной водная вытяжка, буровой раствор или смесь веществ (при показателе менее 50 %).

Одновременно велись 2 опыта: один с добавлением реагентов в пробы, другой без, по 3 параллели для каждого.

Дозировка реагентов определялась по собственной выработанной и опробованной методике исходя из мутности пробы, так как существующий

⁴ КНД 211.1.4.058–97. Методика визначення гострої токсичності води на водоростях *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb.

⁵ Методическое руководство по биотестированию воды (РД 118-02–90). Введ. 06.08.90. М. : Госкомприрода, 1991. 47 с.

метод определения доз показал себя неприемлемым из-за его неточности^{6, 7}.

Мутность определялась оптическим методом с помощью спектрофотометра.

Опыт для каждого реагента проводился на 3 пробах:

1. Сточная вода после выпуска из канализационных очистных сооружений.
2. Вода из крана ГВС (с присутствием мутности из-за простоя в 2 суток в трубопроводах).
3. Талая природная вода.

Логично, что чем выше концентрация загрязняющих веществ, тем больше реагентов потребуется. Существуют формулы расчета дозы флокулянтов для очистки воды. Используют ту или иную из них в зависимости от агрегатного состояния препарата [10, 11].

Определены мутности исходных проб, результаты представлены в табл. 1.

Исходя из значений мутности проб, подбиралась необходимая дозировка реагента, вычисленная экспериментально. Необходимая для данных клеток микроводорослей доза реагентов была вычислена до такого параметра, когда остаточные дозы перестают оказывать влияние на сами тест-объекты. Данные вычисления с большой точностью оказывали влияние только

⁶ СП 31.13330.2021. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

⁷ СНиП 2.04.02–84*. Свод правил от 27.12.2021 № 31.13330.2021.

Табл. 1. Мутности исходных проб

Проба	Мутность	
	Мутность, ЕМФ	Мутность по коалину, мг/дм ³
Сточная вода после выпуска из канализационных очистных сооружений	530	307,4
Вода из крана ГВС (с присутствием мутности из-за простоя 2 суток в трубопроводах)	118	68,44
Талая природная вода	36	20,88

на коллоидные частицы, не давая остаткам доз реагентов воздействовать на тест-объекты. Таким образом, под тестирование главным образом попали только продукты распада флокулянтов.

Полученные данные токсичности всех протестированных проб и реагентов приведены в табл. 2.

Выводы

Определено, что продукты распада реагентов, образовавшиеся после завершения протекания реакций, оказывают токсическое влияние на популяцию

Табл. 2. Показатели токсичности проб и продуктов распада реагентов

Проба		По дозировке после корректировки		
Реагент	Проба жидкости	Показатель ЭК50	Показатель ЭР50	Класс опасности
Без добавления реагента	Вода из ГВС	0	0	–
	Талая природная вода	0	0	–
	Сточная вода после выпуска из канализационных очистных сооружений	0,0124	80,69	3 (по эвтрофирующему)
Полиакриламид катионный флокулянт PRIME: СЕРИЯ С 220, С 2200	Вода из ГВС	0,0120	83,54	3 (по токсическому)
	Талая природная вода	0,0100	100,00	2–3 (по токсическому)
	Сточная вода после выпуска из канализационных очистных сооружений	0,0513	19,48	3 (по эвтрофирующему)
Катионоактивный полимер ПОЛИФЛОК К-1040	Вода из ГВС	0,0108	92,63	3 (по токсическому)
	Талая природная вода	0,0114	88,01	3 (по токсическому)
	Сточная вода после выпуска из канализационных очистных сооружений	0,1992	5,02	4 (по эвтрофирующему)
Полимер акриламида ПОЛИФЛОК(С) А-1510	Вода из ГВС	0,8264	1,21	4 (по токсическому)
	Талая природная вода	0,7042	1,42	4 (по токсическому)
	Сточная вода после выпуска из канализационных очистных сооружений	0,6667	1,50	4 (по эвтрофирующему)

культуры водорослей. Показатели класса опасности после вычислений отличались от заявленных в паспорте. Хотя в паспорте указан класс опасности непосредственно самих реагентов, тогда как в опыте выявлена опасность уже продуктов их распада.

Также можно отметить разницу в результатах опыта между катионными и анионным флокулянтами. В данном опыте анионный флокулянт и продукты его распада показали меньшую степень опасности, нежели катионные.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ашихмина Т.Я., Алалыкина Н.М., Кантор Г.Я., Кондакова Л.В., Огородникова С.Ю. Биоиндикация и биотестирование — методы познания экологического состояния окружающей среды. Вып. 4. Ч. 3. Киров, 2005. 52 с.
2. Бейм А.М., Бресткина Л.М. Эколого-токсикологическая характеристика флокулянтов, применяемых в ЦБП. М. : ВНИПИЭИ, 1991. 27 с.
3. Бейм А.М., Калинкина Н.М., Королев Л.А., Бейм А.А. Сравнительная токсиметрическая характеристика современных флокулянтов // 5 Всесоюзная конференция по водной токсикологии. Одесса 18–22 апреля 1988 : тез. докл. М., 1988. С. 9–10.
4. Лаппо В.Г. и др. Зависимость биологической активности полимеров от величины их макромолекул // Гигиена и токсикология высокомолекулярных соединений и химического сырья, используемого для их синтеза : тез. докл. VI Всесоюзной конф. Л., 1989. С. 187–188.
5. Витвицкая Б.Р. Обоснование предельно допустимой концентрации полидиметилдиаллиламмонийхлорида в воде водоемов // Гигиена и Санитария. 1988. № 3. С. 66–68.
6. Biesinger K.L., Lemke A.E., Smith W.E., Tjo K.M. Comparative toxicity of polyelectrolytes to aquatic animals // Journal of the Water Pollution Control Federation. 1976. Vol. 48. Pp. 183–187.
7. Criddle J. A Review of the mammalian and aquatic toxicity of polyelectrolytes, report no. 2545, National Rivers Authority, England. 1990.
8. Ульрих Е.В., Баркова А.С. Использование флокулянтов для очистки сточных вод // Трансформация экосистем. 2023. № 6 (1). С. 168–187. DOI: 10.23859/estr-220525
9. Смирнов В.Г., Лоянич А.А., Лесников Л.А., Лойт А.А., Салова Л.С., Боровков Н.В., Дариенко И.Н. Сравнительная токсичность флокулянтов Акримидан Ж, Суперфлок-577, Суперфлок А-100, Магнафлок LT-31, Балтфлок 28F3 и Перколь // Экологические аспекты внедрения новых химических реагентов в технологии водоподготовки : тез. докл. (г. Санкт-Петербург. 17–18 марта 1997 г.). СПб., 1997. С. 21–29.
10. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. Киев : Вища школа, 1981. 328 с.
11. Вейцгер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. М. : Стройиздат, 1984. 202 с.

Об авторах: Эльвира Эрнстовна Василевич — кандидат технических наук, доцент; Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ); Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83; SPIN-код: 9493-7584; e-mail: elvira.vasilevich@yandex.ru;

Илья В. Мельников — аспирант; Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ); Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83; e-mail: ilyamelnikoff@mail.ru;

Виктор Романович Чупин — доктор технических наук, профессор; Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИРНИТУ); Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83; SPIN-код: 9163-7717, Scopus: 57199418096; e-mail: chupinvr@istu.edu;

Александр Юрьевич Сколубович — кандидат технических наук, доцент; Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин); Российская Федерация, 630008, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, д. 113; SPIN-код: 6032-8870; e-mail: a.skolubovich@sibstrin.ru.

REFERENCES

1. Ashikhmina T.Ya., Alalykina N.M., Kantor G.Ya., Kondakova L.V., Ogorodnikova S.Yu. Bioindication and biotesting are methods of understanding the ecological state of the environment. Vol. 4. Ch. 3. Kirov, 2005; 52. (rus.).
2. Beim A.M., Brestkina L.M. Ecological and toxicological characteristics of flocculants used in CBP. Moscow, VNIPIEI, 1991; 27. (rus.).
3. Beim A.M., Kalinkina N.M., Korolev L.A., Beim A.A. Comparative toxicometric characteristics of modern flocculants. 5 All-Union Conference on Aquatic Toxicology. Odessa, April 18–22, 1988. Moscow, 1988; 9–10. (rus.).

4. Lappo V.G. et al. The dependence of the biological activity of polymers on the size of their macromolecules. *Hygiene and toxicology of high-molecular compounds and chemical raw materials used for their synthesis : VI All-Union Conference*. Leningrad, 1989; 187-188. (rus.).
5. Vitvitskaya B.R. Justification of the maximum permissible concentration lidimethyldiallylammonium chloride in the water of reservoirs. *Hygiene and Sanitation*. 1988; 3:66-68. (rus.).
6. Biesinger K.L., Lemke A.E., Smith W.E., Tjo K.M. Comparative toxicity of polyelectrolytes to aquatic animals. *Journal of the Water Pollution Control Federation*. 1976; 48:183-187.
7. Criddle J. *A review of the mammalian and aquatic toxicity of polyelectrolytes*. Report no. 2545. National Rivers Authority, England, 1990.
8. Ulrich E.V., Barkova A.S. The use of flocculants for wastewater treatment. *Ecosystem Transformation*. 2023; 6(1):168-187. DOI: 10.23859/estr-220525 (rus.).
9. Smirnov V.G., Loyanich A.A., Lesnikov L.A., Loit A.A., Salova L.S., Borovkov N.V., Darienko I.N. Comparative toxicity of flocculants Akromidan Zh., Superflok-577, Superflok A-100, Magnaflok LT-31, Baltflok 28F3 and Percol. *Environmental aspects of the introduction of new chemical reagents in water treatment technology : Work. Sov. thesis. dokl. (St. Petersburg, March 17–18, 1997)*. St. Petersburg, 1997; 21-29. (rus.).
10. Kulsky L.A., Strokach P.P. *Technology of natural water purification*. Kiev, Vishcha shkola Publ., 1981; 328. (rus.).
11. Weitzer Yu.I., Mints D.M. *High-molecular flocculants in the processes of natural and wastewater treatment*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1984; 202. (rus.).

About the authors: **Elvira E. Vasilevich** — PhD, Associate Professor; **Irkutsk National Research Technical University (IRNTU)**; 83 Lermontov st., Irkutsk, 664074, Russian Federation; SPIN-code: 9493-7584; e-mail: elvira.vasilevich@yandex.ru;

Ilya V. Melnikov — Postgraduate Student; **Irkutsk National Research Technical University (IRNTU)**; 83 Lermontov st., Irkutsk, 664074, Russian Federation; e-mail: ilyamelnikoff@mail.ru;

Viktor R. Chupin — DSc, Professor; **Irkutsk National Research Technical University (IRNTU)**; 83 Lermontov st., Irkutsk, 664074, Russian Federation; SPIN-code: 9163-7717, Scopus: 57199418096; e-mail: chupinvr@istu.edu;

Alexander Yu. Skolubovich — PhD, Associate Professor; **Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)**; 113 Leningradskaya st., Novosibirsk, 630008, Russian Federation; SPIN-code: 6032-8870; e-mail: a.skolubovich@sibstrin.ru.

Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 65–73.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 714.4

DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.65-73

МОНИТОРИНГ И ОЦЕНКА АКУСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИМАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. БРЯНСКА)

Александр Васильевич Городков, Михаил Сергеевич Мельниченко

Брянский государственный инженерно-технологический университет (БГУТА); г. Брянск, Российская Федерация

Исследовано состояние среды примагистральных зон селитебных районов города Брянска, которые наиболее уязвимы в отношении ряда экологических факторов, в числе которых — акустические воздействия автотранспортных потоков. Актуальность исследования состояния загрязненности атмосферы на этих территориях обусловлена близостью красных линий жилой застройки, наличием пешеходных, рекреационных и общественных пространств, учреждений обслуживания населения, в которых должен быть обеспечен нормативный уровень по фактору физического загрязнения атмосферы. В работе анализируется воздействие транспортных потоков, дается оценка интенсивности трафика, рассчитанная по оригинальной методике авторов и соотнесенная с результатами, непосредственно полученными на объектах исследования. На примере 47 магистральных артерий, формирующих основной транспортный каркас г. Брянска, установлено, что значения интенсивности движения в пиковые периоды в дневное время трафика составляют 4000 авт/ч. Проведен визуальный анализ средней скорости движения, типа дорожного покрытия, наличие разделительных полос и продольного уклона. Отмечено влияние уклонов магистралей, наличия участков регулирования движения. Выполнен расчет эквивалентных уровней шума, формирующихся в контрольных точках измерений, который характеризуется пиковыми значениями в 80–85 дБА, что существенно превышает предельно-допустимые значения уровней шума на примагистральных территориях и требует принятия эффективных мер по снижению уровней транспортного шума. Разработана карта шума, отражающая актуализированное состояние акустического режима исследуемых территорий, находящихся в различных функциональных зонах четырех административных районов города. Приведены краткие рекомендации по нормализации акустического режима территорий средствами его экранирования, применения защитного озеленения примагистральных участков застройки и пешеходных зон. Сформулированы общие требования к планировочным и структурным параметрам шумозащитного озеленения.

Ключевые слова: транспортный шум, автомобилизация населения, акустический режим примагистральных территорий, интенсивность трафика, актуализированная карта шума

Для цитирования: Городков А.В., Мельниченко М.С. Мониторинг и оценка акустических параметров примагистральных территорий (на примере г. Брянска) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 65–73. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.65-73

MONITORING AND EVALUATION OF ACOUSTIC PARAMETERS OF THE MAINLINE TERRITORIES (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF BRYANSK)

Alexander V. Gorodkov, Mikhail S. Melnichenko

Bryansk state engineering and technological university; Bryansk, Russian Federation

The state of the environment of the mainline zones of residential areas of the city of Bryansk, which are most vulnerable to a number of environmental factors, including the acoustic effects of traffic flows, is studied. The relevance of the study of the state of atmospheric pollution in these territories is due to the proximity of the red lines of residential development, the presence of pedestrian, recreational and public spaces, public service institutions, in which a normal level of physical pollution of the atmosphere should be ensured. The paper analyzes the impact of traffic flows, gives an estimate of traffic intensity calculated according to the original methodology of the authors and correlated with the results directly obtained at the research facilities. Using the example of 47 main arteries forming the main transport framework of Bryansk, it was found that the values of traffic intensity during peak periods during daytime traffic are 4,000 vehicles/hour. A visual analysis of the average speed of traffic, the type of road surface, the presence of dividing lanes and a longitudinal slope was carried out. The influence of the slopes of highways and the presence of traffic control areas is noted. The calculation of equivalent noise levels generated at the measurement control points has been completed, which is characterized by peak values of 80–85 dBA, which significantly exceeds the maximum permissible values of noise levels in the mainline territories and requires effective measures to reduce traffic noise levels. A noise map has been developed reflecting the updated state of the acoustic regime of the studied territories located in various functional zones of the four administrative districts of the city. Brief recommendations are given on the normalization of the acoustic regime of the territories by means of its shielding, the use of protective landscaping of the mainline sections of the construction site and pedestrian zones. The general requirements for the planning and structural parameters of noise-proof landscaping are formulated.

Keywords: traffic noise, motorization of the population, acoustic regime of the mainline territories, traffic intensity, updated noise map

For citation: Gorodkov A.V., Melnichenko M.S. Monitoring and evaluation of acoustic parameters of the mainline territories (on the example of the city of Bryansk). *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3:65-73. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.65-73 (rus.).

Введение

Территориально-пространственное планирование и политика в области землепользования и градостроительного развития г. Брянска имеют устойчивые долгосрочные последствия, среди которых — растущее рассредоточение жилых районов и объектов экономической деятельности, что характерно для многоядерной планировочной структуры города [1]. Это обстоятельство привело к увеличению расстояний поездок и времени в пути как на общественном, так и на личном транспорте, что влечет за собой различные экономические и экологические издержки, связанные, в том числе, с ухудшением состояния окружающей среды. За прошедшие годы были построены новые микрорайоны — Флотский, Речной, Авиаторов. С целью увеличения пропускной способности существующих магистралей ряд из них были реконструированы путем увеличения числа полос движения. Все эти изменения привели к существенному росту интенсивности трафика автотранспортных средств, созданию на прилегающих территориях акустического режима, несоответствующего нормативным требованиям. К их числу следует отнести территории рекреации, пешеходные зоны, общественные пространства, буферные зоны жилой застройки, учреждения обслуживания населения, где уровень шума регламентирован действующими нормами. Создание акустического комфорта на примагистральных зонах безусловно актуально и отвечает главной задаче градостроительного развития — созданию комфортной среды проживания населения города.

На сегодняшний день число легковых машин на каждую 1000 человек составляет 313 единиц. Этот показатель превышает данные 2013 г. на 14 % (274 автомобиля на 1000 человек). Следует учитывать, что средний возраст автомобиля продолжает возрастать и к 2023 г. достиг 15 лет [2], а в совокупности с тем, что у автомобилей с неисправной или искусственно измененной системой выхлопных газов, а также у автомобилей устаревшей конструкции уровень шума от 90 дБА и выше, состояние акустического климата вследствие повышенного шума имеет тенденцию к дальнейшему обострению.

Актуальность представленных исследований также обосновывается ростом интенсивности транспортного шума, который при длительном воздействии и превышении нормативных показателей провоцирует такие отрицательные последствия, как нарушение режимов работы, отдыха, покоя и сна,

стрессовые ситуации, выступает компонентом синергетического отрицательного воздействия на состояние здоровья человека [3]. При этом предпороговые акустические эмиссии малой интенсивности (до 55–60 дБ) оцениваются организмом человека как раздражающий фактор, провоцирующий состояния утомления и беспокойства [4]. Отсюда следует значительное количество жалоб населения, проживающего в примагистральной зоне с интенсивным движением.

Научная новизна исследования заключается в получении обновленного комплекса данных об интенсивности трафика транспортных средств и оценке акустического режима территорий города путем разработки актуализированной карты шума в программе QGIS, что является необходимым базисом для решения перспективной задачи снижения уровней шума на территориях с регламентируемыми параметрами физического загрязнения. В региональном масштабе такая работа проводится впервые.

Целью исследования является получение актуальных сведений по оценке роста интенсивности автотранспортного движения на обследованных магистралах города Брянска, а также разработка актуализированной карты шума основного транспортного каркаса города. Для решения целевой задачи выполнен теоретический анализ существующего положения, отобраны объекты исследований, проведены натурные и исследовательские работы по определенной методике.

Примагистральные территории — зоны так называемого «городского партера» — наиболее часто уязвимы в отношении факторов атмосферного загрязнения и при этом являются пешеходными зонами [5]. Параметры удаленности жилой застройки в примагистральных зонах лежат в интервале 6–20 м [6]. Это обстоятельство позволяет говорить о формируемой здесь зоне экологического неблагополучия и дискомфорта.

Задачи исследования: провести экорекогносцировочную оценку общего состояния акустического режима примагистральных территорий, на основании которой произвести выбор наиболее нагруженных трафиком движения автотранспорта; установить опорные посты наблюдений для мониторинга ситуации в соответствии с требованиями [7, 8]; выполнить расчеты интенсивности транспортных потоков, рассчитать эквивалентные уровни шума в расчетных точках измерений; построить актуализированную карту шума исследованных территорий; сформулировать структурно-конструктивные и планировочные

схемы шумозащитного озеленения участков пешеходных и рекреационных пространств.

Анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы, выделение научной новизны

О состоянии акустической среды различных регионов России выпускаются ежегодные доклады, в которых используются сведения, поступающие в основном со стационарных пунктов мониторинга окружающей среды. Тем самым приводятся результаты обобщенного анализа экологической ситуации в регионе. Учет этих данных в конкретных территориях города нашел свое отражение в трудах [7–9], где представлены результаты натурных исследований окружающей среды таких примагистральных территорий, как крупные зеленые массивы (парки, сады) и защитные полосы зеленых насаждений вдоль автомагистралей, пешеходные и другие общественные пространства, дается анализ из средозащитной эффективности. По результатам исследований [7] получены оценки уровня акустического загрязнения бассейна крупных, малых и средних городов, а также объектов городской рекреации [10]. Различные аспекты проблемы загрязнения физического атмосферного воздуха городов поднимают также и другие исследователи: А.А. Климухин, Л.Н. Петрянина, И.И. Боголепов, Н.А. Самоховой и В.Н. Ромасюкова и др. [11–18].

Основная часть.

Методика натурных исследований

Город Брянск в планировочном решении имеет многоядерную структуру, образованную четырьмя административными районами.

Советский район является административным и культурным центром города Брянска, в котором размещаются административные органы власти Брянска и Брянской области, театры, музеи, цирк, городской автовокзал. Наиболее загруженные автомобильные дороги проходят по проспектам Станке-Димитрова и Ленина, улицам Красноармейской, Бежицкой и Калинина, по которым движется большая масса транзитного транспорта. На указанных улицах городская застройка в основном сложилась из десяти-четырнадцатиэтажных жилых зданий, находящихся в непосредственной близости к проезжей части. Некоторые участки этих улиц занимают пятиэтажные кирпичные или крупнопанельные здания и немногочисленная историческая двух-пятиэтажная застройка.

Бежицкий район — крупнейший городской район Брянска по площади и населению. Во многом это связано с историей: до середины XX в. этот район считался самостоятельным городом Бежицей, а после присоединения к Брянску со своей сложившейся инфраструктурой сохранил свою условную автономность и целостность. Имеет наиболее четкую планировку, главные улицы застроены преимущественно пятиэтажными зданиями. Основные магистрали проходят по улицам Ульянова, Литейной и 3-го Интернационала. В Бежицком районе располагаются крупные промышленные предприятия: ЗАО «БАЗ», АО УК «БМЗ», АО ПО «Бежицкая сталь».

Володарский выступает главным спальным районом города. Большая его часть застроена пяти-девятиэтажными панельными домами. Основной его транспортной магистралью является улица Никитина, застроенная в 1950–1980-е годы типовыми двух-девятиэтажными кирпичными домами. Оживленное движение проходит по улицам Речной, Красный маяк, Королёва, Пушкина. В Володарском районе расположен железнодорожный вокзал «Брянск-1». Вдоль прилегающих железнодорожных линий по улице Димитрова расположена сложившаяся система жилой застройки.

Фокинский район имеет статус промышленного центра города. На его территории находятся более двух десятков крупных промышленных предприятий, а также войсковая часть и грузовой железнодорожный терминал «Брянск-2». На значительной протяженности железная дорога идет вдоль жилой застройки, расположенной на улице Белорусской. Основная улица Фокинского района — Московский проспект. Район имеет вытянутую линейную структуру с главной улицей, которая является композиционной осью территории.

Выбор улиц для анализа уровня шума производился на основе списка элементов улично-дорожной сети в соответствии с постановлением Брянской городской администрации от 07.10.2022 г. № 3648-п¹ для недопущения выхода на пределы границ города. Далее методом визуального учета, согласно ГОСТ 32965–2014², в городе были отобраны 47 улиц и 125 точек замера (в среднем по 2–3 на каждой транспортной магистрали). Остальные улицы имели низкие значения интенсивности автотранспорта.

Для выяснения полной картины акустического загрязнения авторы обращались в соответствующие

¹ Об утверждении перечня наименований элементов улично-дорожной сети и планировочной структуры городского округа город Брянск, Брянской области, Российской Федерации : Постановление Брянской городской администрации № 3648-п от 07.10.2022.

² ГОСТ 32965–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. Введ. 20.10.2014. М. : Стандартинформ, 2019. 26 с.

инстанции города для получения данных об интенсивности трафика, собранных автоматизированным путем. Как оказалось, ГИБДД, БрянскСтат и Роспотребнадзор на территории города подобную статистическую информацию не собирают по причине отсутствия необходимости в таковой. При этом управление ЖКХ по Брянской области проводит кратковременный учет интенсивности и замеры уровня шума на территории города, но только в качестве изыскательных работ при проектировании новых автодорог, реконструкции существующих, а также при благоустройствах примагистральных территорий.

С учетом технических возможностей был выбран кратковременный тип учета интенсивности натурным методом.

Учет интенсивности фиксировался 4 раза в день на каждой точке по будням с мая по август 2023 г. во время пиковой загруженности дорог, обусловленный характером большинства поездок, что связано с экономической деятельностью и образом жизни людей:

- **первое (утреннее) измерение** проводилось с 8:00 до 9:00 — время, когда основной поток жителей едет на работу;
- **второе (дневное) измерение** проводилось с 13:00 до 14:00 — время, отведенное в большинстве организаций на обед, а также период завершения учебных занятий в школах, ВУЗах и т.п.;
- **третье (вечернее) измерение** проводилось с 17:00 до 18:00 — время, когда большинство жителей выезжает с работы;
- **четвертое (ночное) измерение** проводилось с 22:00 до 23:00 — крайнее время для замеров по дневным показателям зашумленности.

В процессе измерения автомобили делились на три группы транспортных средств:

1. Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него.
2. Грузовые автомобили с прицепом и без него.
3. Автобусы и троллейбусы.

Помимо количества автомобилей, даты и времени фиксации проводился также визуальный анализ средней скорости движения, типа дорожного покрытия, наличие разделительной полосы и продольного уклона.

Среднегодовую суточную интенсивность движения для каждой i -й группы транспортных средств $N_{cc(i)}$, авт/сут, по результатам кратковременного учета рассчитывают по формуле:

$$N_{cc(i)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m N_i \cdot K_{сч} \cdot K_{сд} \cdot K_{см}, \quad (1)$$

где m — количество проведенных измерений в данной точке, шт.;

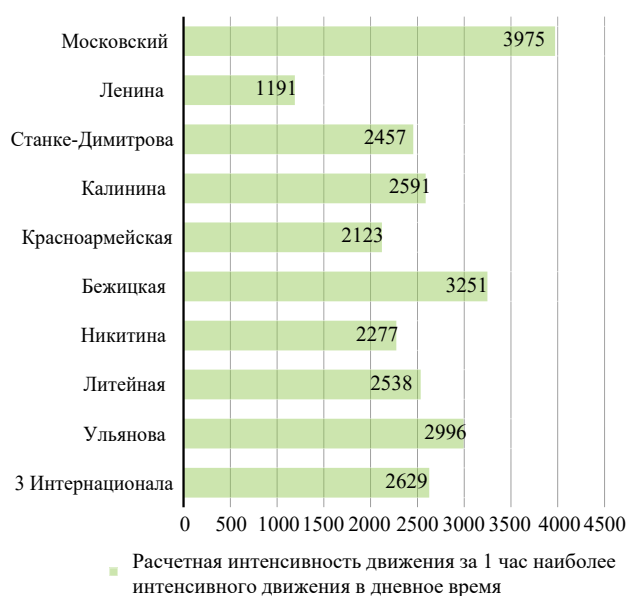


Рис. 1. Результаты оценочных замеров в опорной транспортно-магистральной сети Брянска с наибольшей интенсивностью в дневное время

N_i — количество транспортных средств в группе, авт/ч;

$K_{сч}$, $K_{сд}$, $K_{см}$ — коэффициенты часа, дня недели, месяца (определяются по таблицам К. 1, К.2, К.3, К.4²).

Общую среднегодовую суточную интенсивность движения всех i -х групп транспортных средств N_{cc} , авт/сут, определяют по формуле:

$$N_{cc} = \sum_{i=1}^k N_{cc(i)}. \quad (2)$$

Вычислим расчетную интенсивность движения, авт/ч, за 1 час наиболее интенсивного движения в дневное время (с 7:00 до 23:00) согласно ОДМ 218.2.013–2011 «Защита от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам»:³

$$N = 0,076 \cdot N_{cc}. \quad (3)$$

Для графической оценки результатов просчетов построена линейчатая диаграмма, наглядно показывающая полученный параметр интенсивности потоков. Ниже представлены наиболее загруженные точки главных транспортных магистралей каждого района города Брянска. Общее время, подлежащее оценке, составляло с 7:00 до 23:00 ч.

При анализе данных интенсивности обращают на себя внимание наиболее загруженные участки дорог, проходящие через городскую застройку. Все

³ ОДМ 218.2.013–2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. Введ. 13.12.2012. М. : Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР), 2015. 113 с.

избранные загруженные участки являются главными переездами из одного района (или микрорайона) в другой. Например, через участок проспекта Московского в окрестностях супермаркетов «Линия» и «Метро» в дневное время проходит почти 4000 автомобилей за час. Это обусловлено тем, что данная точка выступает единственным въездом-выездом из Фокинского района в другие. Помимо этого, упомянутые выше по тексту супермаркеты относятся к сегменту оптово-розничной торговли, что притягивает посетителей со всех окрестных микрорайонов и районов города.

Улицы Бежицкая и Ульянова связывают самые густонаселенные районы города, Советский и Бежицкий, между собой, при этом на соседних к ним улицах отсутствуют светофоры, что ведет к насыщению автомобильного трафика.

В то же время проспект Ленина, являющийся главной улицей Советского района, имеет низкую интенсивность по сравнению с остальными в других районах — Никитина, 3-го Интернационала, Московского проспекта. Такой эффект обусловлен как количеством светофоров на примыкающих улицах и их грамотной регулировкой, так и территориальным расположением: проспект Ленина находится в административном центре города, где практически отсутствует жилая застройка и отдельно стоящие торговые центры.

Хотя показатели интенсивности в данных участках по сравнению с магистралями в спальных районах несравнимо высокие, это не означает, что в результате показатель зашумленности улицы окажется таким же высоким. Это обстоятельство связано со средней скоростью движения, количеством грузовых автомобилей и автобусов, типом дорожного покрытия, наличием продольного уклона и разделительной полосы.

Далее определялась шумовая характеристика транспортного потока в виде **эквивалентного уровня звука** $L_{A_{экв7,5}}$ на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения и на высоте 1,5 м над уровнем проезжей части при средней скорости 50 км/ч для всех 125 точек замера согласно следующей формуле:

$$L_{A_{экв7,5}} = 50 + 8,8 \cdot \lg N + \Delta L_{A_{груз}} + \Delta L_{A_{ск}} + \Delta L_{A_{ук}} + \Delta L_{A_{пок}} + \Delta L_{A_{рп}} + \Delta L_{A_{перес}}, \quad (4)$$

где N — среднегодовая часовая интенсивность движения автотранспорта в дневное время, авт/ч; $\Delta L_{A_{груз}}$, $\Delta L_{A_{ск}}$, $\Delta L_{A_{ук}}$, $\Delta L_{A_{пок}}$, $\Delta L_{A_{рп}}$, $\Delta L_{A_{перес}}$ — поправки, дБА, учитывающие грузовики и автобусы, среднюю скорость движения, величину продольного уклона, тип покрытия проезжей

части дороги, ширину центральной разделительной полосы, наличие пересечения автомобильной дороги (значение поправок определяют по табл. 2–8)³.

Если средняя скорость потока отличается от указанной в формуле на более чем на 20 км/ч, поправку $\Delta L_{A_{ск}}$, дБА, учитывающую среднюю скорость движения, определяют по формуле:

$$L_{A_{ск}} = 32 \cdot \lg \left(\frac{V}{50} \right), \quad (5)$$

где V — средняя скорость потока, км/ч.

В результате расчета оказалось, что показатель интенсивности на участке Московского проспекта (как было сказано выше) равен 4000 авт/ч, а на участке улицы Бежицкой в микрорайоне «Городище» — 3200 авт/ч, однако эквивалентный уровень шума с учетом всех условий выше именно на ул. Бежицкой — 88 дБА (против 85 дБА на Московском проспекте). Такой результат оказался возможен вследствие наличия на улице Бежицкой продольного уклона величиной 4 %, отсутствия светофоров и крутых поворотов, что в совокупности привело к более высокому значению средней скорости движения, равному предельной допустимой скорости в городе — 80 км/ч.

Актуализированная карта шума. Окончательное представление о шумовом режиме дают карты шума жилых микрорайонов и жилых районов. Расчетные (эквивалентные) уровни звука для их построения берут из схемы источников шума города. Она включает в себя:

- уточненную схему источников шума с указанием рассчитанных расчетных уровней шума;
- карты шума микрорайонов и других территорий, входящих в состав жилого района;
- карту акустического дискомфорта жилого района;
- основные градостроительные пути по снижению шума до нормативного уровня.

При разработке генерального плана застройки, а также реновации территории города можно предусмотреть создание оптимального и комфортного шумового режима с помощью соответствующих обновленных типов жилых зданий, в том числе и зданий-экранов, приемов застройки магистральных улиц, экранирующих сооружений, защитного озеленения и т.д. Карта шума района — это значимый экологический раздел генерального плана, фиксирующий современное и будущее состояние шумового режима в городе и рекомендуемый общие и конкретные пути достижения нормативного уровня.

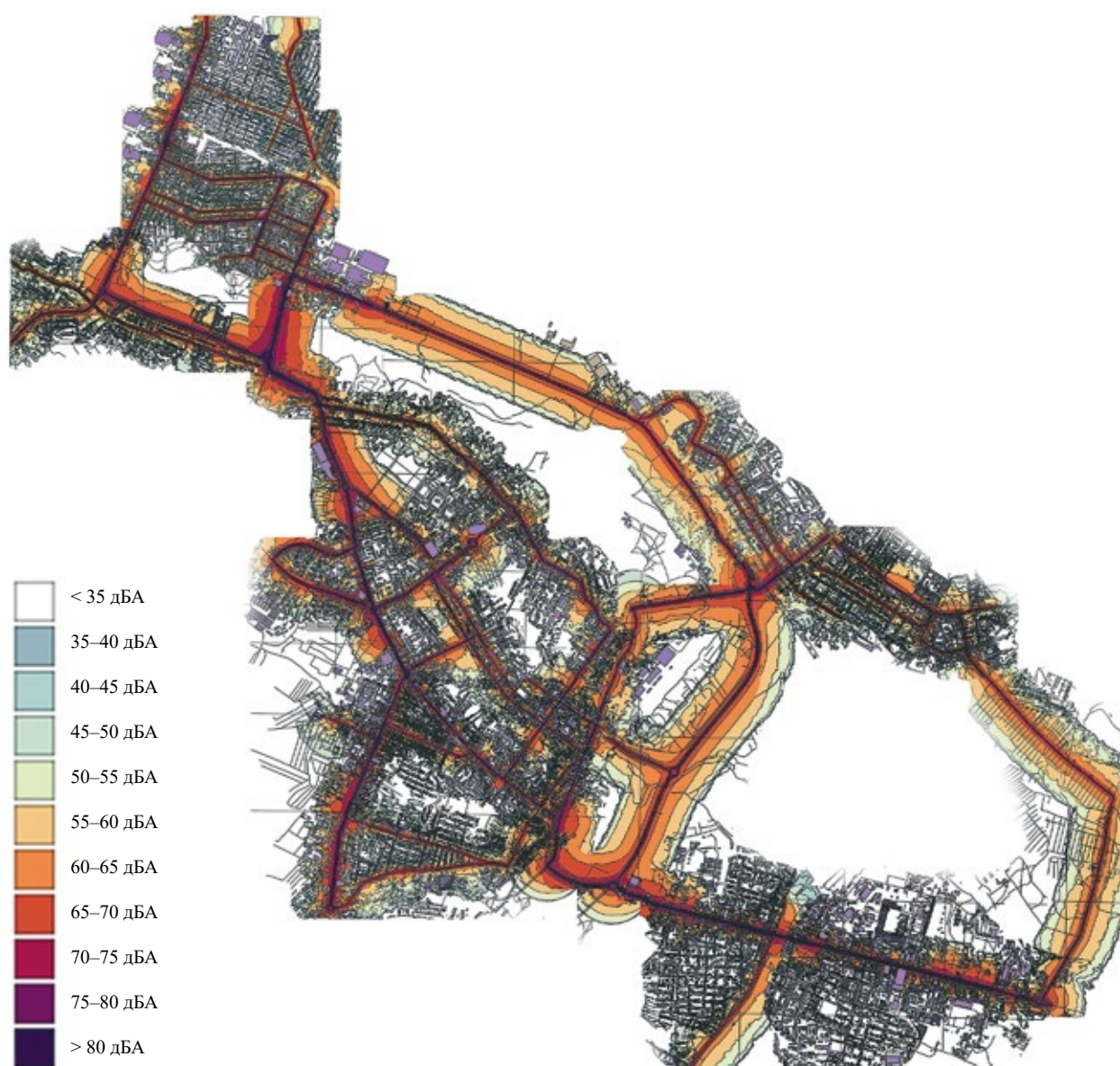


Рис. 2. Актуализированная карта шума улиц города Брянска с наибольшей интенсивностью трафика транспортных средств в дневное время

Следует также учесть, что последние варианты карты шума города составлялись в 1970–80-х гг. и их данные полностью устарели в технико-методическом отношении.

Значения эквивалентного уровня шума и его распределения на расстоянии были выведены на карту города Брянска при помощи расширения «H-RISK with noisemodelling» для программы QGIS. На рис. 2 показаны результаты обработки данных.

Общий совокупный уровень акустического загрязнения примагистральных территорий, зависимый от интенсивности движения транспортных средств и аэрационного режима, свидетельствует о формировании опасных экологических параметров рассматриваемых территорий. Это обстоятельство подтверждается устойчивым превышением норма-

тивного максимума уровня шума для жилых территорий и территорий, прилегающих к жилым домам на 20–30 дБА⁴.

Выводы

1. Изучены основные источники транспортного шума в городской среде крупного регионального центра (на примере г. Брянска). Большую часть акустического режима города формирует автомобильный транспорт, который следует считать основным источником дискомфорта на примагистральных и иных территориях с нормируемым уровнем шумо-

⁴ СП 51.13330.2011. Свод правил. Защита от шума. Актуализированная редакция взамен СНиП 23-03–2003. Введ. 20.05.2011. М. : Стандартинформ, 2017. 50 с.

вого режима. Превышение нормативного порога составляет около 30 дБА. Пиковое значение составило 88 дБА.

2. В планировочной структуре города выявлены транспортные магистрали с наибольшей интенсивностью движения транспорта. Построены линейчатые диаграммы интенсивности движения автомобильного транспорта и определены часы «пик», которые составляют 8:00–09:00 в утренние часы с максимальной интенсивностью до 4500 авт/ч, 13:00–14:00 в дневные часы с максимальной интенсивностью до 3700 авт/ч, 17:00–19:00 в вечернее время с максимальной интенсивностью 5700 авт/ч и 22:00–23:00 с максимальной интенсивностью до 1500 авт/ч.

3. Выявлены автомагистрали с наибольшим вкладом в акустический режим территории: пр-т Станке-Димитрова, пр-т Московский, пр-т Героев, ул. 3-го Интернационала, ул. Красноармейская, ул. Авиационная, ул. Обьездная, ул. Никитина, эквивалентные уровни шума с 7:00 до 23:00 на которых составляют до 80–85 дБА. Наиболее шумными улицами в городе признаны ул. Бежицкая и ул. Ульянова с эквивалентным уровнем шума 88–89 дБА в дневное время.

4. Построена актуализированная карта шума, позволяющая визуальное оценить акустический режим промышленно-селитебного района в целом.

5. Авторами предложены эколого-биологические, биосферно-совместимые с экосистемой города меры, к которым относятся реально выполнимые в ходе эко-

реконструктивных и благоустроительных работ функциональные архитектурно-планировочные решения, с учетом шумового режима на сегодняшний день:

- перспективное применение зданий-экранов необходимой высоты и протяженности вдоль магистралей. Такой тип звукозащиты возможен на широких пустых территориях вдоль улиц Обьездная, Советская и Рылеева;
- экранирующие сооружения (пониженные формы рельефа, насыпи, кавальеры, стенки-экраны) подойдут для участков улиц, где возможно не только установить такие конструкции, но и обслуживать их. Например, на улицах Ульянова, Бежицкая, Калинина, Никитина;
- полосы зеленых насаждений больше всего пригодны на улицах, которые находятся близ рекреационных зон, придомовых территориях жилых домов и больниц: ул. Дуки, Куйбышева, Авиационной.

В последнее время город Брянск решил ряд сложных инфраструктурных и инженерно-технических задач в плане благоустройства территорий центра города, ведутся работы по увеличению площади эстетико-декоративного озеленения. В плане шумозащитного озеленения и создания эффективных мер защиты здесь перспективно приобретают ряд важных планировочных, структурно-конструктивных и дендрологических параметров озелененных пространств, исследованных нами ранее [12, 13].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Chauncy D. Harris and Edward L. Ullman* // The Nature of Cities. The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science. 1945. Vol. 242. P. 7. DOI: 10.1177/000271624524200103
2. *Мельниченко М.С., Городков А.В.* Анализ интенсивности и уровней шума транспортных потоков в г. Брянске и их влияние на формирование комфортной городской среды // Современные проблемы земельно-имущественных отношений, урбанизации территории и формирования комфортной городской среды : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Тюмень, 1 декабря 2023 г. Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2024. С. 352–356. EDN: AXONIX
3. European Environment Agency. Environmental noise in Europe. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2020. 100 p. DOI: 10.2800/686249
4. *Swaroop D., Ahmad K., Singh R.* Road traffic noise level assessment at an institutional area. Direct text // International Journal of Engineering Research and Applications. 2014. Vol. 4. Issue 9. Pp. 175–184. DOI: 10.9790/9622-1108040106
5. *Городков А.В., Самохова Н.А., Атрощенко А.М., Булхов Н.А.* Оценка состояния экосреды рекреационных территорий крупного города // Вестник Смоленской гос. мед. академии. 2016. Т. 15. № 3. С. 109–115.
6. *Городков А.В., Самохова Н.А.* Градостроительные аспекты оценки и повышения уровня экологической безопасности рекреационных территорий крупного города // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 1. С. 41–48.
7. *Азаров В.Н. и др.* О совершенствовании системы мониторинга загрязнения оксидом углерода атмосферного воздуха линейных городов // Инженерный вестник Дона. 2020. № 5. 11 с. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6431> (дата обращения: 16.03.2024).
8. *Полковникова Л.С., Иванова Ю.П.* Влияние дендрологического состава зеленых насаждений на оптимизацию городской среды // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2009. Вып. 15 (34). С. 206–209.

9. Иванова Ю.П., Полковникова Л.С. Экологическая безопасность современного мегаполиса // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. 2009. Вып. 14 (33). С. 216–219.
10. Городков А.В., Самохова Н.А. Градостроительные аспекты оценки и повышения уровня экологической безопасности рекреационных территорий крупного города // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 1. С. 41–48.
11. Городков А.В. Архитектура, проектирование и организация культурных ландшафтов. СПб. : Проспект Науки, 2013. 416 с.
12. Городков А.В. Закономерности распределения вредных автотранспортных выбросов в атмосферном воздухе рекреационных территорий города // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2015. № 4. С. 3–9.
13. Петрянина Л.Н. Эффективность мероприятий по снижению шума в городской среде, разрабатываемых при проектировании // Вестник Урал НИИПроект. 2002. № 2. С. 26–30.
14. Боголепов И.И. Борьба с шумом в городе // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2010. № 2. С. 21–32.
15. Климухин А.А. Защита от шума в градостроительстве. М. : МАРХИ, 2011. 32 с.
16. Городков А.В. К натурно-экспериментальной оценке акустического режима малых и средних городов центральной России // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 4. С. 19–30.
17. Городков А.В., Ромасюков В.Н. К мониторингу и оценке акустических параметров примагистральных территорий крупнейшего мегаполиса (на примере Юго-Восточного АО г. Москвы) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 4 (36). С. 51–52.
18. Самохова Н.А. Закономерности распределения вредных автотранспортных выбросов в атмосферном воздухе рекреационных территорий города // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2015. № 4. С. 3–9.

Об авторах: **Александр Васильевич Городков** — доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры строительных конструкций; **Брянский государственный инженерно-технологический университет (БГУТА)**; Российская Федерация, 241037, г. Брянск, пр-т Станке Димитрова, д. 3; РИНЦ ID: 812955; e-mail: avgorodkov@yandex.ru;

Михаил Сергеевич Мельниченко — аспирант кафедры строительных конструкций; **Брянский государственный инженерно-технологический университет (БГУТА)**; Российская Федерация, 241037, г. Брянск, пр-т Станке Димитрова, д. 3; РИНЦ ID: 1158965, ORCID: 0009-0005-8102-7612; e-mail: thejezza@yandex.ru.

REFERENCES

1. Chauncy D. Harris and Edward L. Ullman. *The Nature of Cities. The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*. 1945; 242:7. DOI: 10.1177/000271624524200103
2. Melnichenko M.S., Gorodkov A.V. Analysis of the intensity and noise levels of traffic flows in Bryansk and their impact on the formation of a comfortable urban environment. *Modern problems of land and property relations, urbanization of the territory and the formation of a comfortable urban environment : a collection of reports of the International Scientific and practical Conference, Tyumen, December 1, 2023 of the year*. Tyumen, Tyumen Industrial University, 2024. Pp. 352–356. EDN: AXONIX (rus.).
3. *European environment agency. Environmental noise in Europe*. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2020; 100. DOI: 10.2800/686249
4. Swaroop D., Ahmad K., Singh R. Road traffic noise level assessment at an institutional area. Direct text. *International Journal of Engineering Research and Applications*. 2014; 4(9):175-184. DOI: 10.9790/9622-1108040106
5. Gorodkov A.V., Samokhova N.A., Atroschenko A.M., Bulkhov N.A. Assessment of the state of the eco-environment of recreational areas of a large city. *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. Academies*. 2016; 15(3):109-115. (rus.).
6. Gorodkov A.V., Samokhova N.A. Urban planning aspects of assessing and improving the level of environmental safety of recreational areas of a large city. *Biosphere Compatibility: An, Region, Technologies*. 2016; 1:41-48. (rus.).
7. Azarov V.N. et al. On improving the monitoring system for carbon monoxide pollution of atmospheric air in linear cities. *Engineering Bulletin of the Don*. 2020; 5:11. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N5y2020/6431> (Accessed: 03.16.2024). (rus.).
8. Polkovnikova L.S., Ivanova Yu.P. The influence of the dendrological composition of green spaces on the optimization of the urban environment. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Ser.: Construction and Architecture*. 2009; 15(34):206-209. (rus.).
9. Ivanova Yu.P., Polkovnikova L.S. Environmental safety of a modern metropolis. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Construction. Ser.: Construction and Architecture*. 2009; 14(33):216-219. (rus.).

10. Gorodkov A.V., Samokhova N.A. Urban planning aspects of assessing and improving the level of environmental safety of recreational areas of a large city. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technologies*. 2016; 1:41-48. (rus.).
11. Gorodkov A.V. *Architecture, design and organization of cultural landscapes*. St. Petersburg, Prospect Nauki, 2013; 416. (rus.).
12. Gorodkov A.V. Patterns of distribution of harmful motor vehicle emissions in the atmospheric air of recreational areas of the city. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technologies*. 2015; 4:3-9. (rus.).
13. Petryanina L.N. Effectiveness of noise reduction measures in the urban environment, developed during the design. *Vesnik Ural Research Institute*. 2002; 2:26-30. (rus.).
14. Bogolepov I.I. Fighting noise in the city. *Plumbing, Heating, Air Conditioning*. 2010; 2:21-32. (rus.).
15. Klimukhin A.A. *Noise protection in urban planning*. Moscow, MARKHI, 2011; 32. (rus.).
16. Gorodkov A.V. To a full-scale experimental assessment of the acoustic regime of small and medium-sized cities in central Russia. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2022; 4:19-30. (rus.).
17. Gorodkov A.V., Romasyukov V.N. On monitoring and evaluation of acoustic parameters of the mainline territories of the largest megalopolis (on the example of the Southeastern JSC of Moscow). *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2021; 4(36):51-52. (rus.).
18. Samokhova N.A. Patterns of distribution of harmful motor vehicle emissions in the atmospheric air of recreational areas of the city. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technologies*. 2015; 4:3-9. (rus.).

About the authors: **Alexander V. Gorodkov** — Doctor of Agricultural Sciences, professor of the Department of Building Structures; **Bryansk state engineering and technological university**; 3 Stanke Dimitrova Ave., Bryansk, 241037, Russian Federation; ID RSCI: 812955; e-mail: avgorodkov@yandex.ru;

Mikhail S. Melnichenko — Postgraduate student of the Department of Building Structures; **Bryansk state engineering and technological university**; 3 Stanke Dimitrova Ave., Bryansk, 241037, Russian Federation; ID RSCI: 1158965, ORCID: 0009-0005-8102-7612; e-mail: thejezza@yandex.ru.

ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ В КОАЛЕСЦЕНТНЫХ СЕПАРАТОРАХ С ГОФРИРОВАННЫМИ ОЛЕОФИЛЬНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

Никита Сергеевич Зайцев

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (СПбГТИ(ТУ));
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Поверхностные сточные воды с территорий предприятий автотранспортного комплекса загрязнены значительным количеством маслонефтепродуктов и взвешенных веществ. Применяемые для обезвреживания стоков локальные очистные сооружения несовершенны. Предлагается заменить используемые в них для удаления тонкодисперсных нефтепродуктов и взвесей флотаторы и зернистые фильтры-коалесценторы одним более эффективным аппаратом — коалесцентным сепаратором с олеофильными пластинами волнистого профиля. Разработана конструкция коалесцентора, состоящего из трех последовательно установленных блоков гофрированных полимерных пластин, позволяющего добиваться очистки поверхностного стока автотранспортных предприятий от нефтепродуктов и взвешенных веществ до норм сброса в городскую канализационную сеть. Пропускная способность коалесцентного блока при оптимальных условиях работы составляет 10–20 м³/(м²·час), но может быть удвоена без существенных потерь эффективности очистки. Приведены результаты расчета трехступенчатого коалесцентного сепаратора с использованием ранее разработанной автором математической модели, учитывающей турбулентный режим течения многофазной системы в каналах между пластинами. Проведенные в опытно-промышленных условиях эксперименты подтвердили адекватность математической модели и возможность снижения концентрации нефтепродуктов в очищенном стоке до 4–7 мг/л, а концентрации взвешенных веществ — до 10–25 мг/л. На основании этого коалесцентные сепараторы с гофрированными олеофильными пластинами рекомендуется включать в технологические схемы локальных очистных сооружений отведения поверхностных (ливневых и талых) вод с территорий автотранспортных предприятий, автозаправочных станций, станций технического обслуживания легкового и грузового автомобильного транспорта, автостоянок и других объектов, сточные воды которых загрязнены эмульгированными маслонефтепродуктами и тонкодисперсными взвешенными веществами в исходных концентрациях до 1000 мг/л.

Ключевые слова: автотранспортные предприятия, поверхностный сток, ливневые и талые воды, локальные очистные сооружения, очистка от нефтепродуктов, коалесцентный сепаратор

Для цитирования: Зайцев Н.С. Очистка поверхностных сточных вод от нефтепродуктов в коалесцентных сепараторах с гофрированными олеофильными пластинами // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 3. С. 74–81. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.74-81

PURIFICATION OF SURFACE WASTEWATER FROM PETROLEUM PRODUCTS IN COALESCENT SEPARATORS WITH CORRUGATED OLEOPHILIC PLATES

Nikita S. Zaitsev

Saint-Petersburg State Institute of Technology (Technical University) (SPSIT); Saint Petersburg, Russian Federation

Surface wastewater from the territories of enterprises of the motor transport complex is contaminated with significant amounts of oil and oil products and suspended solids. The local wastewater treatment plants used for wastewater disposal are imperfect. It is proposed to replace the flotators and granular coalescer filters used in them for the removal of fine petroleum products and suspensions with one more efficient device — a coalescent separator with corrugated oleophilic plates of a wavy profile. The design of a coalescent separator consisting of three sequentially installed blocks of polymer plates of a wavy profile has been developed, which makes it possible to purify the surfac.runoff of motor transport enterprises from petroleum products and suspended solids to discharge standards into the storm sewer network. The throughput capacity of the coalescent unit under optimal operating conditions is 10–20 m³/(m²·hour), but can be doubled without significant loss of cleaning efficiency. The results of the calculation of a three-stage coalescent separator using a mathematical model previously developed by the author that takes into account the turbulent flow regime of a multiphase system in channels between plates are presented. The experiments carried out in pilot industrial conditions confirmed the adequacy of the mathematical model and the possibility of reducing the concentration of petroleum products in the treat.runoff to 4–7 mg/l, and the concentration of suspended solids to 10–25 mg/l. Based on this, coalescent separators with corrugated oleophilic plates are recommended to be included in the technological schemes of local wastewater treatment plants for the removal of surface (stormwater and meltwater) waters from the territories of motor transport enterprises, gas stations, maintenance stations for cars and trucks, parking lots, and other facilities whose wastewater is

contaminated with emulsified oil and oil products and finely dispersed suspended solids in initial concentrations up to 1,000 mg/l.

Keywords: motor transport enterprises, surfac.runoff, stormwater and meltwater, local wastewater treatment plants, purification from petroleum products, coalescent separator

For citation: Zaitsev N.S. Purification of surface wastewater from petroleum products in coalescent separators with corrugated oleophilic plates. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3: 74–81. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.74-81 (rus.).

Введение

В современных условиях быстро увеличивающегося количества автотранспорта в городах и крупных населенных пунктах резко обострилась проблема загрязнения отводимых поверхностных (ливневых и талых) вод масло-нефтепродуктами. Особенно сильно загрязняются поверхностные стоки с территорий шоссейных дорог, эстакад, автотранспортных предприятий (АТП), автозаправочных станций и станций технического обслуживания автомобилей. Из-за высокого содержания нефтепродуктов сброс подобных стоков без очистки в городскую общесплавную или ливневую канализацию категорически недопустим.

Для обезвреживания стоков предприятий автотранспортного комплекса должны применяться локальные очистные сооружения, одной из эффективных ступеней которых могут являться пластинчатые коалесцентные сепараторы нефтепродуктов с гофрированными пластинами из полимерных материалов. Однако из-за отсутствия научно обоснованных методов расчета и конструирования такие устройства до сих пор не получили широкого распространения. Используемые немногочисленные коалесцентные аппараты имеют несовершенную конструкцию и работают далеко не в оптимальных режимах.

Разработка научных основ и теоретически обоснованных методов расчета и проектирования пластинчатых коалесцентных сепараторов нефтепродуктов для установок очистки поверхностных атмосферных сточных вод является актуальной задачей.

Анализ публикаций

Научные исследования последних лет [1–4] показывают, что основными загрязняющими компонентами поверхностного стока в городах и крупных населенных пунктах являются продукты эрозии почвы, смываемые с газонов и открытых грунтовых поверхностей пыль, бытовой мусор, вымываемые компоненты дорожных покрытий и строительных материалов, хранящихся на открытых складских площадках, а также нефтепродукты, попадающие на поверхность водосбора от автотранспорта и другой техники. Особый состав имеет поверхностный сток, поступающий с автострэд, автомагистралей с интенсивным движением грузового автомобильного транспорта, мостов и эстакад. Концентрация нефтепродуктов в таких стоках может достигать нескольких сотен мг/л [5–7].

Автотранспортные предприятия (автозаправочные станции, предприятия технического обслуживания автомобилей и автосервиса, автобазы и автоколонны, авторемонтные предприятия, гаражи и открытые автомобильные стоянки) формально отнесены¹ к первой группе предприятий, сток с территории которых по составу примесей близок к поверхностному стоку с селитебных территорий. Однако ливневые и талые воды с территорий предприятий автотранспортного комплекса содержат в несколько раз более высокие концентрации маслонефтепродуктов. Для поверхностных стоков селитебных зон характерно содержание нефтепродуктов до 20 мг/л. В то же время в работе [5] определено, что в поверхностном стоке с территории стоянки тяжелого грузового автотранспорта концентрация нефтепродуктов достигает 340 мг/л. В исследовании [7] показано, что ливневый сток с территории АЗС может содержать до 490 мг/л нефтепродуктов, талый сток — до 1020 мг/л. В ливневых сточных водах с территорий автотранспортных предприятий концентрация нефтепродуктов достигает 350 мг/л, в талых водах — 960 мг/л [7].

Помимо нерастворимых дисперсных примесей, поверхностные стоки с территории предприятий автотранспортного комплекса содержат в своем составе растворенные органические вещества (до 100–140 мг/л в пересчете на БПК₂₀) и неорганические соединения, в частности соли, используемые для антиобледенительной обработки территории в зимний период, и соли тяжелых металлов (суммарно до 10–15 мг/л) [8, 9].

В настоящее время в качестве локальных сооружений для обезвреживания поверхностных сточных вод с территории АТП, как правило, используются установки с несколькими ступенями очистки стоков различными методами. Блок механической очистки обычно включает решетку для отделения крупного мусора, песколовку, отстойник-нефтеловушку, флотатор, фильтр с зернистой загрузкой. Для удаления растворенных веществ в случае необходимости применяют фильтры-адсорберы и ионообменные аппараты. Технологические узлы могут быть размещены в едином корпусе или в отдельных подземных емкостях. Установки работают по проточной схеме как элемент самотечной водосборной ливневой сети без аккумулирующего резервуара. Такая схема, по мнению разработчиков, существенно повышает экономич-

¹ СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85.

ность и конкурентоспособность локальных очистных сооружений в сложных условиях строительства и дефицита свободных площадей. В отдельных модификациях установок в состав основного оборудования входит тонкослойный отстойник, а также узел коалесцентной очистки от нефтепродуктов в слое гранулированной зернистой загрузки из специальных полимерных материалов. Конечная концентрация загрязнений после таких сооружений заявляется разработчиками на уровне 5–20 мг/л взвешенных веществ и 0,3–2 мг/л нефтепродуктов, что не может соответствовать действительности, поскольку растворимость нефтепродуктов в воде составляет от 2 до 4 мг/л, а механическими методами растворенные вещества удалить невозможно. Проточная схема без накопления и усреднения поверхностного стока в аккумулирующем резервуаре приводит к колебаниям скорости движения сточной воды через установку в чрезвычайно широком диапазоне (в зависимости от интенсивности выпадающих осадков). В результате сооружения большую часть времени работают в режиме, далеком от оптимального, что не позволяет добиваться требуемой эффективности очистки воды.

Коалесцентные сепараторы нефтепродуктов со слоями полимерных гранул имеют низкую пропускную способность по воде, требуют частой промывки и регенерации.

Кроме того, практически отсутствуют научно обоснованные методики расчета и проектирования узла коалесцентной сепарации, что не позволяет в полной мере использовать возможности коалесцентного метода, сдерживает его внедрение в практику очистки воды.

За рубежом появились установки для очистки сточных вод от нефтепродуктов с использованием гофрированных коалесцентных пластин [10–15], однако методики расчета подобных устройств в научнотехнической литературе также отсутствуют.

Результаты исследований

В Санкт-Петербургском государственном технологическом институте была разработана новая конструкция [16] коалесцентного сепаратора нефтепродуктов, предназначенного для очистки поверхностных сточных вод от маслонефтепродуктов.

В предложенном коалесцентном сепараторе (рис. 1) устанавливают компактные модульные пакеты гофрированных пластин из олеофильных полимерных материалов с отверстиями в верхних и нижних гребнях. Расстояние между пластинами составляет от 6 до 18 мм. Содержащая нефтепродукты вода протекает по каналам между пластинами; при этом капли нефти, имеющие плотность меньше, чем у воды, всплывают и касаются нижней поверхности пластин. По мере того как на пластине нака-

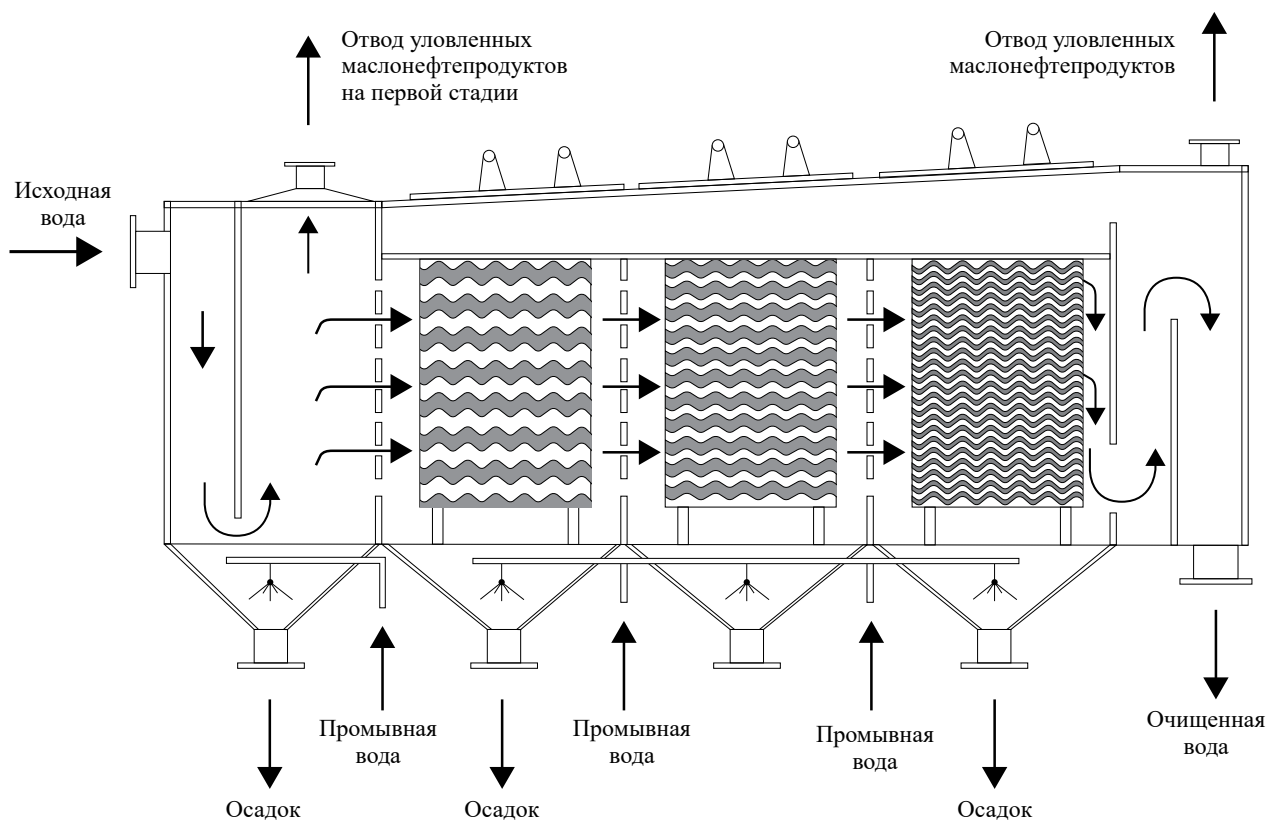


Рис. 1. Коалесцентный сепаратор с гофрированными пластинами

пливается все большее количество капелек нефти, они коалесцируют в крупные капли и постепенно образуют пленку. Под действием скоростного напора потока воды пленка продвигается по поверхности пластин до отверстий для выхода. Нефтепродукты проходят в вышележащие каналы и таким образом постепенно поднимаются к свободной поверхности воды. В углублениях пластин имеются отверстия для удаления твердых взвесей в донную часть аппарата. Степень разделения тем выше, чем больше длина пластин, т.е. зависит от количества последовательно установленных модульных пакетов в аппарате.

Опытно-промышленные испытания подобных аппаратов с каналами равной высоты во всех блоках выявили проблему быстрого забивания зазоров между олеофильными пластинами агрегатами нефтепродуктов с твердыми взвесями. Это объясняется

налипанием нефтепродуктов на олеофильные пластины. Как показали исследования автора, острота проблемы может быть значительно снижена путем установки в первых по ходу движения сточной воды секциях (одной или двух) блоков с увеличенными зазорами между пластинами. Далее, по мере очистки воды от крупных дисперсных включений, толщины зазоров могут уменьшаться от блока к блоку (рис. 1) в направлении движения очищаемой воды.

Математические модели, использовавшиеся ранее [17–19] для расчета коалесцентных сепараторов с гофрированными пластинами, основывались на предположении о ламинарном течении эмульсии в каналах аппарата, поскольку число Рейнольдса в рабочих режимах не превышает 1100. Однако выполненная нами визуализация потока в программном комплексе Flow Vision 2.0 показала наличие признаков турбу-

Таблица 1. Результаты численного моделирования трехступенчатого коалесцентного сепаратора

Параметр	Значение			
Первая ступень коалесцентного сепаратора				
Зазор между пластинами, мм	18	18	18	18
Скорость в зазоре, мм/с	3,0	6,0	12,0	24,0
Расход, приведенный к входному сечению, м³/(м²·час)	10,8	21,6	43,2	86,4
Средний диаметр капель на входе, мкм	107,4	107,4	107,4	107,4
Средний диаметр капель на выходе, мкм	28,9	39,9	54,1	70,2
Эффективность улавливания, %	92,6	89,3	83,0	70,4
Вторая ступень коалесцентного сепаратора				
Зазор между пластинами, мм	12	12	12	12
Скорость в зазоре, мм/с	3,0	6,0	12,0	24,0
Расход, приведенный к входному сечению, м³/(м²·час)	10,8	21,6	43,2	86,4
Средний диаметр капель на входе, мкм	28,9	39,9	54,1	70,2
Средний диаметр капель на выходе, мкм	20,1	28,4	39,3	53,2
Эффективность улавливания, %	71,7	69,7	67,6	62
Третья ступень коалесцентного сепаратора				
Зазор между пластинами, мм	6	6	6	6
Скорость в зазоре, мм/с	3,0	6,0	12,0	24,0
Расход, приведенный к входному сечению, м³/(м²·час)	10,8	21,6	43,2	86,4
Средний диаметр капель на входе, мкм	20,1	28,4	39,3	53,2
Средний диаметр капель на выходе, мкм	14	19,6	27,8	38,5
Эффективность улавливания, %	71,1	69	66,9	64,9
Трехступенчатая установка в целом				
Скорость в зазорах, мм/с	3,0	6,0	12,0	24,0
Расход, приведенный к входному сечению, м³/(м²·час)	10,8	21,6	43,2	86,4
Содержание нефтепродуктов на входе, мг/л	480	480	480	480
Концентрация нефтепродуктов на выходе 1-й ступени, мг/л	35,6	51,4	82	142
Концентрация нефтепродуктов на выходе 2-й ступени, мг/л	10,1	15,6	26,4	55
Концентрация нефтепродуктов на выходе 3-й ступени, мг/л	3,9	4,9	8,7	19
Общая эффективность очистки, %	99,2	99,0	98,2	96,1

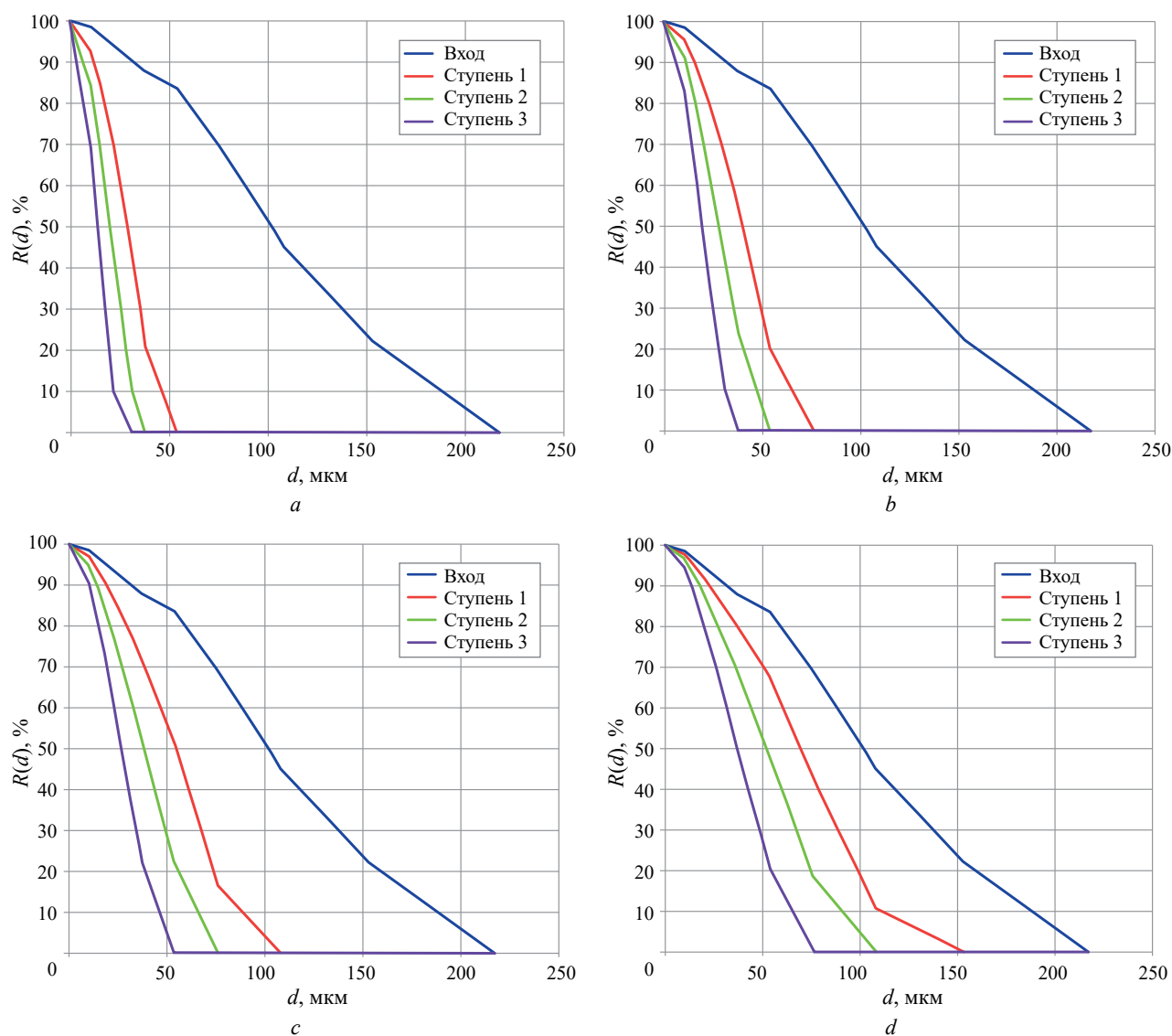


Рис. 2. Распределение капель по размерам в разных ступенях установки при различных значениях скорости сточной воды в каналах: *a* — 3 мм/с; *b* — 6 мм/с; *c* — 12 мм/с; *d* — 24 мм/с

лентного течения уже при $Re = 72$. Подтверждением возможности турбулентного режима в извилистых каналах волнистого профиля при низких числах Рейнольдса может служить тот факт, что в пластинчатых теплообменниках с гофрированными пластинами критическое число Re равно 50 [20].

Ранее в работе [21] авторами была предложена новая математическая модель разделения дисперсных систем в коалесцентном сепараторе с пластинами волнистого профиля, основанная на рассмотрении движения капель нефтепродуктов к пластинам под воздействием турбулентных пульсаций. Адекватность данной математической модели была подтверждена в эксперименте на одной секции коалесцентного сепаратора [21].

В продолжение начатой работы методом численного эксперимента исследован многоступенчатый коалесцентный сепаратор (рис. 1), состоящий

из трех последовательно установленных блоков гофрированных пластин. Распределение капель и частиц по размерам на выходе первой ступени принималось в качестве входных данных для второй ступени, соответственно, распределение на выходе второй ступени принималось в качестве входного условия для третьей ступени. Результаты численного эксперимента приведены в табл. 1.

Распределение капель по размерам на каждой ступени очистки при различных скоростях жидкости в каналах представлено на рис. 2.

Численный эксперимент по исследованию трехступенчатой установки показал, что степень очистки от нефтепродуктов в подобной конструкции достигает 96,1–99,4 %, а от твердых взвесей — 94,8–99,6 %. Увеличение пропускной способности установки в 8 раз снижает эффективность очистки воды всего лишь на 4–6 %.

Таблица 2. Сравнение результатов численного и натурного эксперимента на трехступенчатой опытно-промышленной установке

Параметр	Значение			
Скорость в зазорах, мм/с	3,0	6,0	12,0	24,0
Расход ливневой сточной воды, приведенный к входному сечению, м ³ /(м ² ·час)	10,8	21,6	43,2	86,4
Содержание нефтепродуктов на входе (± 2 % в эксперименте), мг/л	670	670	670	670
Концентрация нефтепродуктов на выходе из установки по данным расчета, мг/л	4,02	6,76	12,2	26,5
Концентрация нефтепродуктов на выходе из установки по данным эксперимента, мг/л	4,70	6,90	11,4	24,1
Общая эффективность очистки от нефтепродуктов по данным расчета, %	99,4	99,0	98,2	96,1
Общая эффективность очистки от нефтепродуктов по данным натурного эксперимента, %	99,3	99,1	98,3	96,4
Содержание твердых частиц на входе (± 2 % в эксперименте), мг/л	465	465	465	465
Концентрация твердых частиц на выходе из установки по данным расчета, мг/л	1,86	3,26	9,3	27,9
Концентрация твердых частиц на выходе из установки по данным эксперимента, мг/л	3,72	4,19	8,4	24,1
Общая эффективность очистки от твердых частиц по данным расчета, %	99,6	99,3	98,0	94,0
Общая эффективность очистки от твердых частиц по данным натурного эксперимента, %	99,2	99,1	98,2	94,8

В табл. 2 приведены результаты верификации разработанной математической модели на пилотной опытно-промышленной трехступенчатой установке для очистки ливневых сточных вод, выполненной по схеме, приведенной выше на рис. 1. Эксперименты проводились на реальной ливневой сточной воде, собранной с территории АО «Автопарк № 1 «Спецтранс» (Санкт-Петербург).

Представленные в табл. 2 результаты доказывают высокую эффективность предложенного аппарата для очистки ливневых сточных вод. Предложенная математическая модель расчета процесса сепарации эмульгированных нефтепродуктов и взвешенных твердых частиц в коалесцентном сепараторе с гофрированными пластинами описывает экспериментальные данные, полученные на реальной среде, с точностью $\pm(5-8)$ %.

Выводы

Коалесцентный сепаратор разработанной нами конструкции может быть успешно использован в установках очистки поверхностных сточных вод с территорий предприятий автотранспортного комплекса от эмульгированных нефтепродуктов и взвешенных частиц. Он может заменить собой сразу две ступени очистки в существующих установках: флотатор и фильтр с зернистой загрузкой. Коалесцентный сепаратор с гофрированными олеофильными пластинами способен удалить из поверхностного стока нерастворимые примеси до норм сброса в городские канализационные коллекторы. Для последующего удаления растворенных загрязнений могут быть использованы ступени адсорбционной и ионообменной очистки, если это требуется.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Palagin E.D., Gridneva M.A., Bykova P.G.* Urban land surface wastewater: Dependence of formation and changes in its composition // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 451. P. 012093. DOI: 10.1088/1757-899X/451/1/012093
2. *Palagin E.D., Strelkov A.K., Pavluhin A.A.* Rain precipitation parameters for the design of surface effluent treatment facilities from the territory of industrial enterprises // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference «Earth Science» 2021. Vol. 720. Issue 1. P. 012021. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012021
3. *Духопельникова Н.Р.* Поверхностные сточные воды, система отведения и их очистка в крупных городах // Alfabuild. 2018. № 1 (3). С. 7–14.
4. *Желтобрюхов В.Ф., Фельдштейн Е.Г.* Проблемы очистки поверхностного стока // Вестник Волгоградского ГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 30 (49). С. 206–211.
5. *Юрченко В.А., Мельников О.Г., Бахарева А.Ю., Ячник М.В.* Исследование механической очистки ливневых стоков, образованных на объектах автомобильно-дорожного комплекса // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2015. Т. 6. № 6 (78). С. 71–77. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.55427
6. *Желтобрюхов В.Ф., Фельдштейн Е.Г.* О методах очистки поверхностных стоков автотранспортных предприятий // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 (27). Ст. 127. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/> (дата обращения: 22.02.2024).

7. Фельдштейн Е.Г. Совершенствование систем очистки поверхностного стока предприятий первой группы на примере автотранспортных предприятий : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2014. 24 с.
8. Феофанов Ю.А., Мишуков Б.Г. Особенности формирования состава поверхностных сточных вод и выбор сооружений по их очистке // Вода и экология. 2017. № 3 (71). С. 49–66. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.21.3.49-66
9. Чечевичкин В.Н., Ватин Н.И. Особенности состава и очистки поверхностного стока крупных городов // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6. С. 67–74.
10. Yayla S., Ibrahim S.S., Olcay A.B. Numerical investigation of coalescing plate system to understand the separation of water and oil in water treatment plant of petroleum industry // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2017. Vol. 11. No. 1. Pp. 184–192.
11. Huang W., He X., Deng C., Xu B. Study on the intensification mechanism of oil-water separation process by using inclined plate pack // Advanced Engineering Sciences. 2017. Vol. 49. No. 3. Pp. 191–196.
12. Boraey M.A. A hydro-kinematic approach for the design of compact corrugated plate interceptors for the de-oiling of produced water // Chemical Engineering and Processing. 2018. Vol. 130. Pp. 127–133.
13. Liang L., Bai Z.S., Yang X.Y., Luo H.Q., Zhang B., Zhang W.N. Experimental and simulation study on separation performance of coalescing structural parts within oil-water gravity separator // Xiandai Huagong. 2018. Vol. 38. No. 11. Pp. 211–215.
14. Oruç M., Yayla S. Experimental investigation of oil-in water separation using corrugated plates and optimization of separation system // Separation Science and Technology. 2021. Vol. 56. Issue 5. Pp. 788–800. DOI: 10.37934/arfmts.92.1.162176
15. Velautham K.D., Chelliapan S., Kamaruddin S.A., Meyers J.L. Design of oil water separator for the removal of hydrocarbon from stormwater contaminated with jet-fuel // Journal of advanced research in fluid mechanics and thermal sciences. 2022. Vol. 92. No. 1. Pp. 162–176.
16. Яблокова М.А., Зайцев Н.С., Хасаев Р.А. Совершенствование процессов и агрегатов для локальной очистки поверхностных стоков // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 7. С. 110–113.
17. Иваненко А.Ю., Яблокова М.А., Петров С.И. Моделирование процесса выделения эмульгированных нефтепродуктов из воды в аппарате с олеофильными пластинами синусоидального профиля // Теоретические основы химической технологии. 2010. Т. 44. № 5. С. 588–600.
18. Яблокова М.А., Иваненко А.Ю., Турыгин В.Ю. Очистка подтоварных вод нефтеприисков с целью повторной закачки в нефтеносные пласты для поддержания внутрипластового давления // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). 2012. № 14 (40). С. 78–84.
19. Иваненко А.Ю., Яблокова М.А., Хасаев Р.А. Математическое моделирование разделения эмульсий в коалесцентах с пластинами волнистого профиля // XXIX Международная научная конференция «Математические Методы в Технике и Технологиях ММТТ-29» : тезисы докладов. СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2016. Т. 5. С. 19–25.
20. Машины и аппараты химических производств / под общ. ред. В.Н. Соколова. СПб. : Политехника, 1992. 327 с.
21. Яблокова М.А., Иваненко А.Ю., Зайцев Н.С. Математическое моделирование коалесцентного сепаратора сооружений локальной очистки ливневых сточных вод // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 5. С. 91–98. DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-5-91-98

Об авторе: **Никита Сергеевич Зайцев** — кандидат экономических наук, доцент; **Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) (СПбГТИ(ТУ))**; Российская Федерация, 190013, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 26; РИНЦ ID: 838605, ResearcherID: M-9642-2018, ORCID: 0000-0001-5752-1833; e-mail: Zaitcevnika@gmail.com.

REFERENCES

1. Palagin E.D., Gridneva M.A., Bykova P.G. Urban land surface wastewater: Dependence of formation and changes in its composition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018; 451:012093. DOI: 10.1088/1757-899X/451/1/012093
2. Palagin E.D., Strelkov A.K., Pavluhin A.A. Rain Precipitation Parameters for the Design of Surface Effluent Treatment Facilities from the Territory of Industrial Enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 720(1):012021. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012021
3. Dukhopelnikova N.R. Surface wastewater, drainage system and their purification in large cities. *Alfabuild*. 2018; 1(3):7-14.

4. Zheltobryukhov V.F., Feldstein E.G. Problems of surfac.runoff purification. *Bulletin of the Volgograd GASU. Ser.: Construction and architecture*. 2013. Issue 30 (49). Pp. 206–211.
5. Yurchenko V.A., Melnikov O.G., Bakhareva A.Y., Yachnik M.V. Investigation of mechanical cleaning of storm drains formed at the facilities of the automobile and road complex. *Eastern European Journal of Advanced Technologies*. 2015; 6(6):71–77. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.55427
6. Zheltobryukhov V.F., Feldstein E.G. On methods of cleaning surface effluents of motor transport enterprises. *Engineering Bulletin of the Don*. 2013; 4(27):127. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/> (accessed: 02.22.2024).
7. Feldstein E.G. *Improvement of surfac.runoff treatment systems of enterprises of the first group on the example of motor transport enterprises : abstract. dis. ... candidate of technical sciences*. Volgograd, 2014; 24.
8. Feofanov Yu.A., Mishukov B.G. Features of the formation of the composition of surface wastewater and the choice of facilities for their treatment. *Water and Ecology*. 2017; 3(71):49–66. DOI: 10.23968/2305-3488.2017.21.3.49-66
9. Chechevichkin V.N., Vatin N.I. Features of the composition and purification of surfac.runoff of large cities. *Civil Engineering Magazine*. 2014; 6:67–74.
10. Yayla S., Ibrahim S.S., Olcay A.B. Numerical investigation of coalescing plate system to understand the separation of water and oil in water treatment plant of petroleum industry. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*. 2017; 11(1):184–192.
11. Huang W., He X., Deng C., Xu B. Study on the intensification mechanism of oil-water separation process by using inclined plate pack. *Advanced Engineering Sciences*. 2017; 49(3):191–196.
12. Boraey M.A. A hydro-kinematic approach for the design of compact corrugated plate interceptors for the de-oiling of produced water. *Chemical Engineering and Processing*. 2018; 130:127–133.
13. Liang L., Bai Z.S., Yang X.Y., Luo H.Q., Zhang B., Zhang W.N. Experimental and simulation study on separation performance of coalescing structural parts within oil-water gravity separator. *Xiandai Huagong*. 2018; 38(11):211–215.
14. Oruç M., Yayla S. Experimental investigation of oil-in water separation using corrugated plates and optimization of separation system. *Separation Science and Technology*. 2021; 56(5):788–800. DOI: 10.37934/arfmts.92.1.162176
15. Velautham K.D., Chelliapan S., Kamaruddin S.A., Meyers J.L. Design of oil water separator for the removal of hydrocarbon from stormwater contaminated with jet-fuel. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*. 2022; 92(1):162–176.
16. Yablokova M.A., Zaitsev N.S., Khasaev R.A. Improvement of processes and aggregates for local treatment of surface effluents. *Modern High-Tech Technologies*. 2019; 7:110–113.
17. Ivanenko A.Yu., Yablokova M.A., Petrov S.I. Modeling of the process of separation of emulsified petroleum products from water in an apparatus with oleophilic plates of a sinusoidal profile. *Theoretical Foundations of Chemical Technology*. 2010; 44(5):588–600.
18. Yablokova M.A., Ivanenko A.Yu., Turygin V.Yu. Purification of secondary waters of oil fields for the purpose of re-injection into oil-bearing formations to maintain intra-reservoir pressure. *Proceedings of the St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University)*. 2012; 14(40):78–84.
19. Ivanenko A.Yu., Yablokova M.A., Khasaev R.A. Mathematical modeling of emulsion separation in coalescers with wavy profile plates. *XXIX International Scientific Conference “Mathematical Methods in Engineering and Technologies MMTT–29”*. May 31–June 3, 2016. Vol. 5. St. Petersburg, SPbGTI(TU), 2016; 19–25.
20. *Machines and apparatus of chemical production* / under the general editorship of V.N. Sokolov. St. Petersburg, Politehnika Publ., 1992; 327.
21. Yablokova M.A., Ivanenko A.Yu., Zaitsev N.S. Mathematical modeling of a coalescent separator for local storm-water treatment facilities. *Bulletin of Civil Engineers*. 2022; 5:91–98. DOI: 10.23968/1999-5571-2022-19-5-91-98

About the author: **Nikita S. Zaitsev** — Candidate of Economic Sciences, Docent; **Saint-Petersburg State Institute of Technology (SPSIT)**; 26 Moskovsky Prospekt, St. Petersburg, 190013, Russian Federation; ID RSCI: 838605, ResearcherID M-9642-2018, ORCID: 0000-0001-5752-1833; e-mail: Zaitcevnikita@gmail.com.

ВЛИЯНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» КРЫШ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ $PM_{2,5}$ И PM_{10} В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ

Елена Владимировна Сысоева, Евгений Леонидович Безбородов

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

Актуальность. Снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах и других населенных пунктах, предотвращение дальнейшего ухудшения экологической ситуации и устранение негативных последствий человеческой деятельности на окружающую среду являются одними из основных требований стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года. Проблема загрязнения воздуха мелкодисперсными частицами $PM_{2,5}$ и PM_{10} является актуальной для большей части крупных городов России и всех других стран.

Цели и задачи. В крупных городах Российской Федерации выявить основные тенденции по изменению численного состава населения, определить влияние миграционных процессов и естественного прироста/убыли жителей рассматриваемых населенных пунктов; изучить статистику роста заболеваемости по болезням, причинами которых может быть загрязнение атмосферы мелкодисперсными частицами.

Материалы и методы. За основу были приняты данные Федеральной службы государственной статистики и материалы из других открытых источников по исследуемым территориям. Исследования проводились в двух городах РФ и их областях, сходных по численности населения и основным климатическим параметрам: Рязани и Пензе.

Результаты. Обработанные материалы были сведены в графики и гистограммы, проанализированы и определены тенденции по изменению численности населения и роста основных заболеваний среди жителей регионов. Рассмотрены возможные причины, влияющие на описанные тенденции. Определены направления, которые позволят улучшить экологическую обстановку в данных регионах. Рассмотрен мировой опыт влияния зеленых насаждений на изменение концентрации частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} в окружающей среде.

Выводы. Одним из направлений, способствующих улучшению качества окружающей среды и уменьшению концентрации мелкодисперсных частиц, является увеличение площади зеленых насаждений, в том числе и применение «зеленых» крыш. В статье описаны основные направления финансового обоснования устройства «зеленых» крыш в массовом строительстве. Данные решения могут быть использованы для крупных городов Российской Федерации, схожих по основным климатическим характеристикам с исследованными областями.

Ключевые слова: мелкодисперсные частицы, плотность населения, демографический кризис, экологическая безопасность, концентрация загрязняющих веществ, демографическая обстановка

Для цитирования: Сысоева Е.В., Безбородов Е.Л. Влияние «зеленых» крыш на концентрацию мелкодисперсных частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} в крупных городах России // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии 2024. № 3. С. 82–95. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.82-95

THE EFFECT OF GREEN ROOFS ON THE CONCENTRATION OF FINE PARTICLES $PM_{2,5}$ AND PM_{10} IN LARGE CITIES OF RUSSIA

Elena V. Sysoeva, Evgeny L. Bezborodov

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

Relevance. Reducing the level of atmospheric air pollution in cities and other settlements, preventing further deterioration of the environmental situation and eliminating negative effects of human activity on the environment are among the main requirements of the environmental safety strategy of the Russian Federation for the period up to 2025. The problem of air pollution with fine dust particles $PM_{2,5}$ and PM_{10} is relevant for most coastal cities of Russia and the whole Planet.

Goals and objectives. To analyze the large cities of the Russian Federation and identify the main trends in the change in the numerical composition of the population, to determine the impact of migration processes and the natural increase/decrease of residents of the considered settlements. It was studied the statistics of the increase in the incidence of diseases, the causes of which may contribute to atmospheric pollution with fine particles.

Materials and methods. The data of the Federal State Statistics Service and materials from other open sources on the studied territories

were used as a basis. The studies were conducted for two cities of the Russian Federation and their regions, similar in population and basic climatic parameters. The first city is Ryazan, the second is Penza.

Results. The processed materials were summarized in graphs and histograms, analyzed and identified trends in population change and the growth of major diseases among residents of the regions. The possible reasons influencing the described trends are considered. The directions that will improve the environmental situation in the regions under consideration have been identified. The world experience of the influence of green spaces on changes in the concentration of particles $PM_{2.5}$ and PM_{10} in the environment is considered.

Conclusions. One of the directions contributing to improving the quality of the environment and reducing the concentration of fine particles is to increase the area of green spaces, including the use of "green" roofs. The article describes the main directions of financial justification for the installation of "green" roofs in mass construction. These solutions can be used for large cities of the Russian Federation that are similar in basic climatic characteristics to the studied areas.

Keywords: fine particles, population density, demographic crisis, environmental safety, concentration of pollutants, demographic situation

For citation: Sysoeva E.V., Bezborodov E.L. The effect of green roofs on the concentration of fine particles $PM_{2.5}$ and PM_{10} in large cities of Russia. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 3:82-95. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.3.82-95 (rus.).

Введение

На основании требований Указа Президента РФ¹ основными задачами государственной политики в области экологической безопасности являются внедрение новых и экологически безопасных технологий, создание производств с минимальным воздействием на природу, снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах и других населенных пунктах, предотвращение дальнейшего ухудшения экологической ситуации и устранение негативных последствий человеческой деятельности на окружающую среду.

Согласно данным ЮНЕП, загрязнение воздуха, в том числе мелкодисперсными частицами, — это фактор, являющийся причиной 25 % заболеваний людей по всей планете. Наиболее распространены из них являются болезни, связанные с нарушениями в работе ЖКТ, болезни органов дыхания и острые респираторные инфекции. Низкое качество водных ресурсов и плохие санитарные условия являются причинами 7 % заболеваний и смертей. Особенно это актуально в крупных мегаполисах. Так, в Москве данная проблема затрагивает свыше одного миллиона человек. При этом загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами является причиной еще примерно 5 % случаев летальных исходов, что соответствует более 655 000 смертей.

Практически все жители Земли (почти 99 %) сталкиваются с загрязненным воздухом, загрязнение превышает предельно допустимые концентрации, установленные Всемирной организацией здравоохранения, что представляет риск для здоровья. В настоящее время мониторинг качества воздуха осуществляется более чем в 6000 городах, в 117 странах. Несмотря на принимаемые меры, жители этих городов продолжают дышать воздухом, содержащим чрезмерное количество частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} . Отдельно необходимо отметить, что наибольшему негативному воздействию загрязнения подвергаются жители стран с низким и средним доходом. Так, в странах с высоким

уровнем дохода в 17 % городов уровень содержания мелкодисперсных частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10} превышает нормативные требования ВОЗ. В странах с низким или средним уровнем дохода качество воздуха по аналогичным показателям не соответствует требованиям в 99 % городов.

Данные выводы побудили ВОЗ обратить особое внимание на мероприятия, связанные с ограничением загрязнения воздуха. Среди рекомендаций, направленных правительству стран с наихудшим состоянием атмосферы, предложены следующие шаги:

- осуществлять мониторинг качества воздуха и выявлять источники загрязнения воздуха;
- содействовать переходу к использованию только экологически чистой бытовой энергии для приготовления пищи, отопления и освещения;
- создавать безопасные и доступные по ценам системы общественного транспорта, а также маршруты движения, удобные для пешеходов и велосипедистов;
- внедрять более строгие стандарты выбросов и эффективности транспортных средств, а также обеспечивать выполнение требования по обязательному прохождению техосмотра и технического обслуживания;
- направлять инвестиции в энергоэффективное жилье и производство электроэнергии и т.д.²

Как видно, каждое из предложенных решений может быть актуальным для городов Российской Федерации, так как число заболеваний, связанных с загрязнением воздуха, неуклонно растет.

Мелкие частицы пыли оседают в дыхательных путях, нанося вред легким и проникая в кровоток. Это усугубляет вероятность развития ишемической болезни сердца, инсульта, хронической обструктивной болезни легких и инфекций нижних отделов дыхательной системы. Эти заболевания входят в число четырех самых значительных причин смертности в мире. На шестом месте в этом печальном

¹ О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года : Указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 № 176. Москва, Кремль, 19.04.2017.

² Миллиарды людей по-прежнему дышат нездоровым воздухом: новые данные ВОЗ. URL: <https://www.who.int/ru/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data> (дата обращения: 02.09.2024).

списке находится рак трахеи, бронхов и легких, который также может быть обусловлен загрязнением воздуха.

Увеличение концентрации мелкодисперсных твердых частиц связано с изменением площади городов и увеличением численности населения. Как первый, так и второй факторы имеют общемировую тенденцию, что приводит к сокращению зеленых насаждений, увеличению площадей с «твердым» покрытием, повышению концентрации загрязняющих веществ от выбросов, связанных с увеличением интенсивности дорожного движения, промышленным производством и сжиганием топлива для обогрева зданий. Это приводит к нарушению экосистемы, что влияет на экологическое состояние городов [1].

Большинство городов, представленных в таблице, являются промышленными, специализирующимися на добыче полезных ископаемых, что является основной причиной огромного количества выбросов вредных веществ. Но нельзя игнорировать и сопутствующие источники загрязнения воздуха, такие как интенсивное дорожное движение и сжигание топлива, для вырабатывания энергии и обогрева зданий. Данный вопрос широко исследуется учеными всего мира, так как описанные факторы являются проблемными для большинства крупных городов [2, 3].

Преобразовать негативное воздействие антропогенной нагрузки на качество воздуха возможно. На это может значительно повлиять экономическое и социальное развитие города. Ярким примером могут служить крупные города Германии и отдельных штатов США [4]. Исследования экологической ситуации в этих районах показали, что, несмотря на увеличение площади городов и численности населения, уровень концентрации частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} не только не увеличился, но в ряде случаев даже сни-

Города РФ с наиболее загрязненной атмосферой³

Город	Объем вредных выбросов в атмосферу, т/год
Норильск	1 800 000
Череповец	270 000
Новокузнецк	263 000
Липецк	262 000
ПГТ Рефтинский	255 000
Междуреченск	198 000
Магнитогорск	173 000
Воркута	168 000
Иркутск	132 000
Уфа	132 000

³ URL: <https://www.sravni.ru/novost/2023/4/5/opublikovan-antirejting-samyh-gryaznyh-gorodov-rossii/?upd=true>

зился. Это явление связывают с повышенным уровнем озеленения в упомянутых городах. Многочисленные исследования подтверждают положительное влияние зеленых насаждений на состояние окружающей среды, в том числе на снижение концентрации мелкодисперсных частиц в воздухе [5].

Анализ климата и демографической обстановки в Рязанской области

Рязанская область находится в центре Европейской части России. Она расположена в пониженной зоне, между Среднерусской и Приволжской возвышенностями. Ее административным центром является город Рязань. По состоянию на 1 января 2023 г. общая численность его населения составляет 523,3 тысячи человек⁴. Население всей Рязанской области составляет 1 082 231 человек, с учетом городских и сельских жителей.

Климатический район Рязанской области — II. Климат — умеренно-континентальный, что характеризуется теплым летом и умеренно-суровой снежной зимой. Средняя продолжительность летнего (теплого) периода составляет 3,5 месяца, с 17 мая по 2 сентября. Наиболее теплый месяц — июль. Средняя месячная температура наиболее теплого месяца + 19,1 °С. Температура воздуха обеспеченностью 0,95 составляет 24 °С⁵.

Продолжительность холодного периода 3,9 месяца, с 15 ноября по 12 марта. Наиболее холодный месяц — январь. Средняя месячная температура наиболее холодного месяца составляет –9,0 °С. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 составляет –25 °С.

Годовая сумма осадков составляет от 600 до 700 мм. Порядка 70 % осадков выпадает в теплый период. Наиболее влажный сезон длится 5,4 месяца, с 28 мая по 8 ноября. Месяц с наибольшим количеством дождей — июнь, в течение которого на протяжении 9 дней выпадает не менее 1 мм осадков. Месяцем с наименьшим количеством осадков является март.

Осадки в виде снега выпадают в регионе в течение 3,4 месяцев, с 29 ноября по 13 марта. Наиболее снежным месяцем является январь. Высота снежного покрова к концу зимнего периода достигает 250–380 мм, в наиболее снежные зимы до 620 мм. Распределение осадков в зимний период сильно зависит от географического расположения населенного пункта в области⁶.

⁴ Рязанская городская Дума. URL: <https://rgdrzn.ru/pages/show/about> (дата обращения: 04.09.2024).

⁵ СП 131.13330.2020. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. Утв. приказом МИНСТРОЙ России от 24.12.2020 № 859. Введ. в действ. с 24.12.2020. С. 36–37.

⁶ Климат и средняя погода в Рязани. URL: <https://ru.weatherspark.com/y/101474/Обычная-погода-в-Рязань-Россия-весь-год> (дата обращения: 04.09.2024).

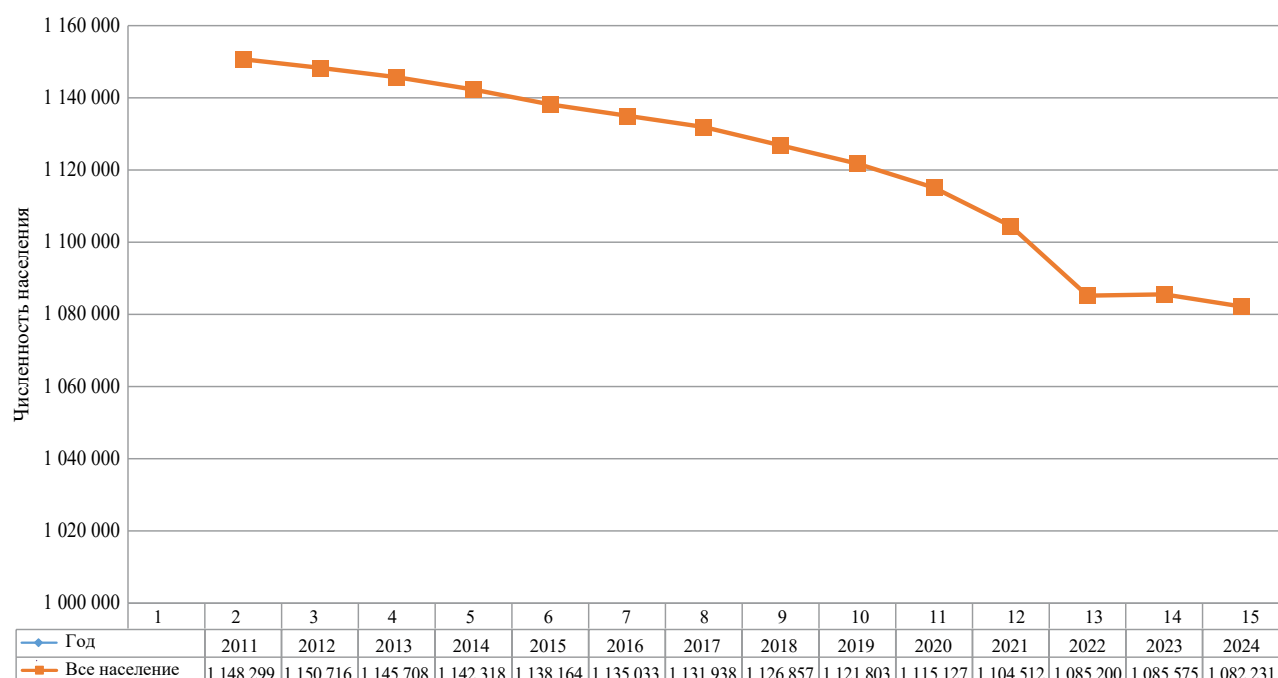


Рис. 1. Динамика численности населения в Рязанской области⁷

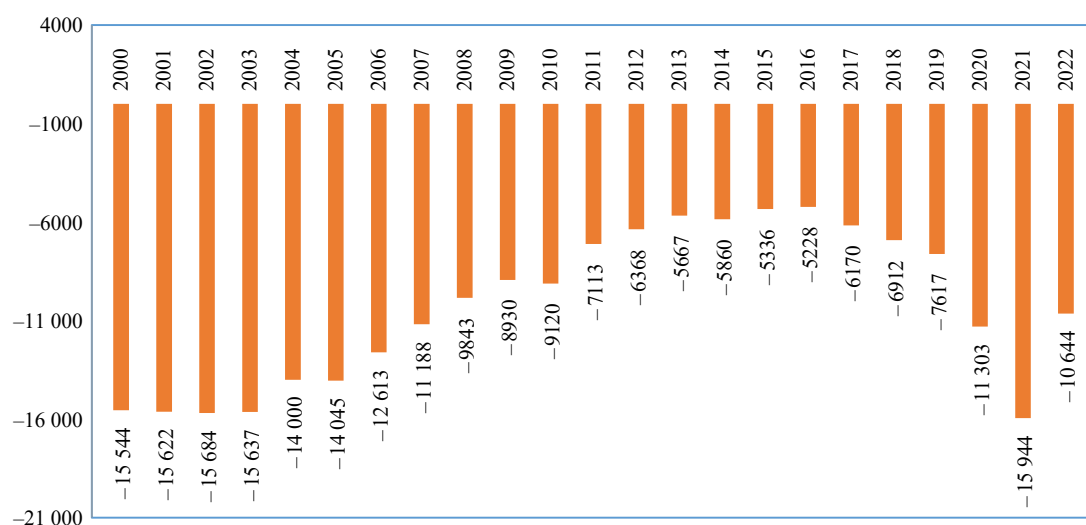


Рис. 2. Общий прирост/убыль населения Рязанской области^{8ф}

Для Рязанской области характерны такие опасные природные явления, как сильные ветра, весенние паводки и торфяные пожары.

Общая численность населения Рязанской области на 1 января 2024 года составляет 1 082 231 человек. Из них 772 290 являются жителями городов, а 309 941 человек проживают в сельских поселениях.

⁷ Росстат. URL: <https://62.rosstat.gov.ru/folder/30448?ysclid=m3r3v-103cx110875500>

⁸ Росстат. URL: <https://62.rosstat.gov.ru/folder/30448?ysclid=m3sn-pw10s7515565667>

Как видно из рис. 1, на протяжении последнего десятилетия наблюдается устойчивая тенденция по ежегодному снижению численности населения.

Только за 10 лет исследуемого периода с 2011 по 2021 г. (рис. 2) численность населения сократилось на 46 204 человека. То есть в среднем за год население области сокращалось на 4,5 тысячи человек. А с 2021 по 2024 г. убыль населения составила 22 281 человек, что соответствует ежегодному значению в 7,4 тысячи. Данная тенденция свойственна большинству крупных городов Российской Федерации [6].

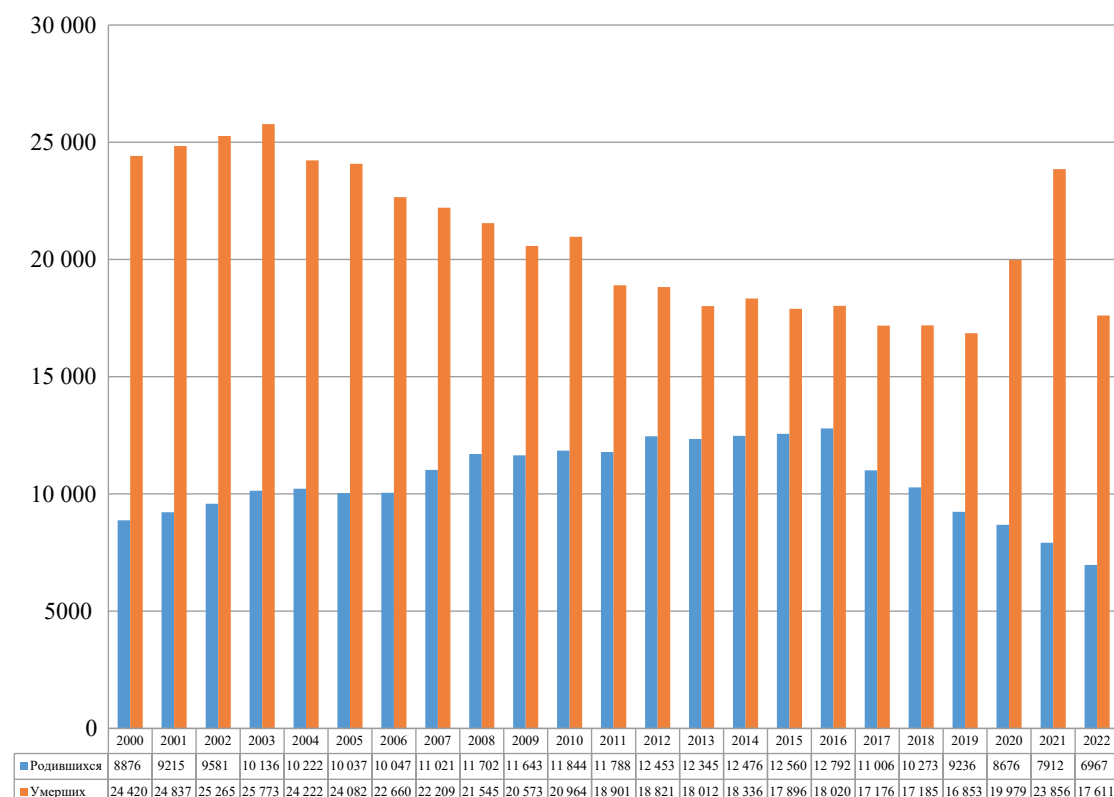


Рис. 3. Показатели рождаемости и смертности Рязанской области с 2000 по 2022 г.⁹

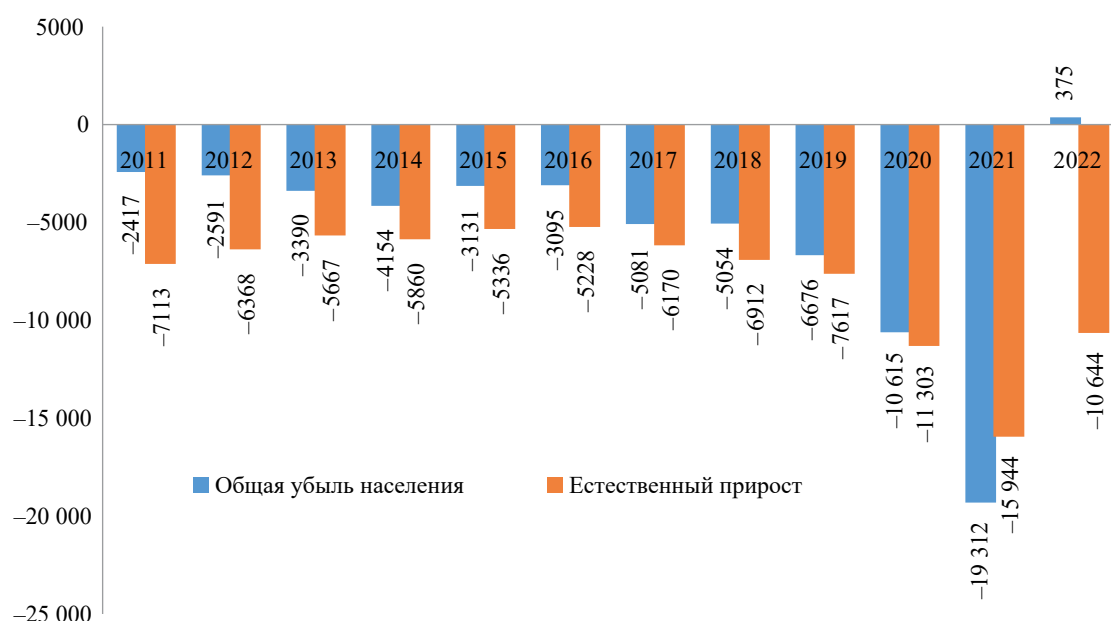


Рис. 4. Изменение численности населения в Рязанской области с 2011 по 2022 г.⁷

Анализируя данные, представленные на рис. 3, можно наблюдать планомерный рост рождаемости в период с 2000 по 2016 г., причем наибольший прирост год к году не превышал одной тысячи новоро-

жденных. Начиная с 2016 г., можем наблюдать резкое снижение числа новорожденных. В период с 2016 по 2022 г. уровень рождаемости снизился практически в два раза. По уровню количества умерших за исследуемый период наблюдается некоторое снижение. Наименьшее значение наблюдается в период с 2011

⁹ Росстат. URL: <https://62.rosstat.gov.ru/folder/30448?ysclid=m3r5-092t9e20932090>

по 2019 г. Резкое увеличение смертей в 2020–2021 гг. может быть связано с периодом пандемии COVID-19. Несмотря на улучшение показателей по уровню смертности в 2022 г. до 17 611 человек, общий уровень естественного прироста находится в отрицательной зоне, за счет низкой рождаемости — только 6967 новорожденных.

При сравнении данных по отрицательному естественному приросту населения и динамики численности жителей Рязанской области, представленных на рис. 4, можно сделать следующие выводы.

На протяжении всего исследуемого периода тенденции по изменению количества жителей, связанные с «естественными» причинами, и динамика изменения общей убыли населения не совпадают. Смертность населения превышала показатели общей убыли в два–три раза практически на всем отрезке времени наблюдений. Из чего можно сделать вывод, что в изменении численности населения Рязанской области большую роль играют миграционные процессы. Описанные показатели не вписываются в актуальные требования Указа Президента Российской Федерации¹⁰.

Одним из периодов, выходящих за рамки устоявшейся тенденции, являются показатели 2021 г., в котором общая численность населения области уменьшилась на 19 312 человек, за тот же период естественная убыль населения составила 15 944 человека. Разница составляет 3368 человек. Данные изменения можно отнести к постпандемийному периоду и связанным с ним ограничениям.

Таким образом, проведя анализ изложенных выше материалов по Рязанской области, можно сделать следующие выводы:

- наблюдается демографический кризис;
- число смертей за исследуемый период значительно превышает число новорожденных;
- ежегодно происходит уменьшение общей численности населения;
- разница между естественной убылью и общей численностью населения дополнительно усугубляется за счет миграционных процессов.

Анализ климата и демографической обстановки в Пензенской области

Пензенская область находится в Среднем Поволжье. Она расположена на Восточно-Европейской (Русской) равнине. Ее административным центром является город Пенза. По состоянию на 1 января 2024 г. общая численность его населения составляет 488,2 тысячи человек. Население всей Пензенской области составляет 1 236 113 человек, с учетом городских и сельских жителей.

Климатический район Пензенской области — II, климатический подрайон — IIВ. Климат — умеренно-континентальный, что характеризуется жарким засушливым летом и умеренно-суровой снежной зимой. Средняя продолжительность летнего (теплого) периода составляет 3,8 месяца, с 11 мая по 6 сентября. Наиболее теплый месяц — июль. Средняя месячная температура наиболее теплого месяца +19,8 °С. Температура воздуха обеспеченностью 0,95 составляет 24 °С.

Продолжительность холодного периода 4,0 месяца, с 17 ноября по 15 марта. Наиболее холодный месяц — январь. Средняя месячная температура наиболее холодного месяца составляет –9,8 °С. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 составляет –27 °С.

Годовая сумма осадков составляет от 450 до 500 мм. В засушливые годы она может понижаться до 350 мм, а в дождливые годы повышается до 775 мм. Порядка семидесяти процентов осадков выпадает в теплый период. Наиболее влажный сезон длится 8,2 месяца, с 23 марта по 28 ноября. Месяц с наибольшим количеством дождей — июнь, со средним количеством осадков 47 мм.

Осадки в виде снега выпадают в регионе в течение 5,8 месяцев, с 18 октября по 11 апреля. Наиболее снежным месяцем является январь, со средним количеством снега 142 мм. Высота снежного покрова к концу зимнего периода достигает 350–400 мм, в наиболее снежные зимы до 500 мм. Распределение осадков в зимний период сильно зависит от географического расположения населенного пункта, с наименьшей интенсивностью в западной части и наибольшей в центральной и северной области.

Для Пензенской области характерны такие опасные природные явления, как сильные ветра, выпадение обильных осадков, сильные снегопады и метели, весенние, а также летние и осенние засухи.

Общая численность населения Пензенской области на 1 января 2024 года составляет 1 236 113 человек. Из них 851 348 являются жителями городов, а 384 765 человек проживают в сельских поселениях. Как видно из рис. 5, на протяжении последнего десятилетия наблюдается устойчивая тенденция по ежегодному снижению численности населения.

Анализируя данные на рис. 6, можно заключить, что только за последние годы исследуемого периода с 2011 по 2021 г. общая численность населения сократилось на 93 100 человек. То есть в среднем за год население области сокращалось на 9310 человек. А с 2021 по 2024 г. убыль населения составила 54 800 человек, что соответствует ежегодному значению в 13 700 жителей региона.

¹⁰ О национальных целях развития РФ на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года : Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309. Москва, Кремль, 07.05.2024.

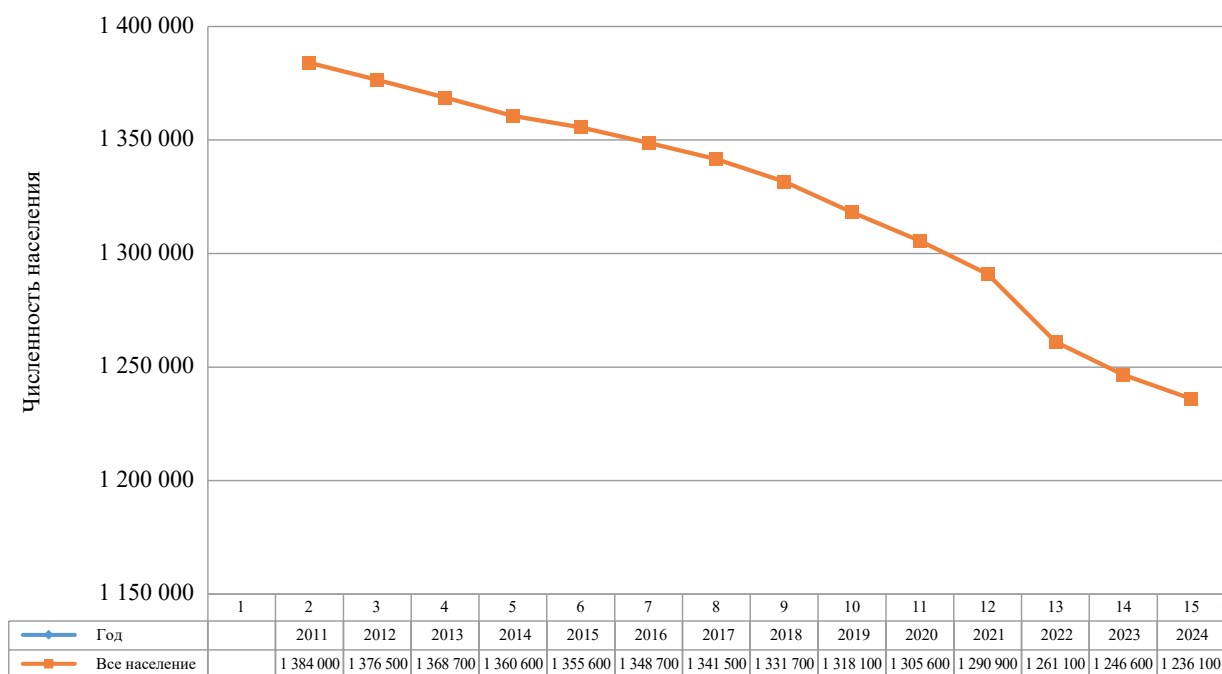


Рис. 5. Динамика численности населения в Пензенской области¹¹

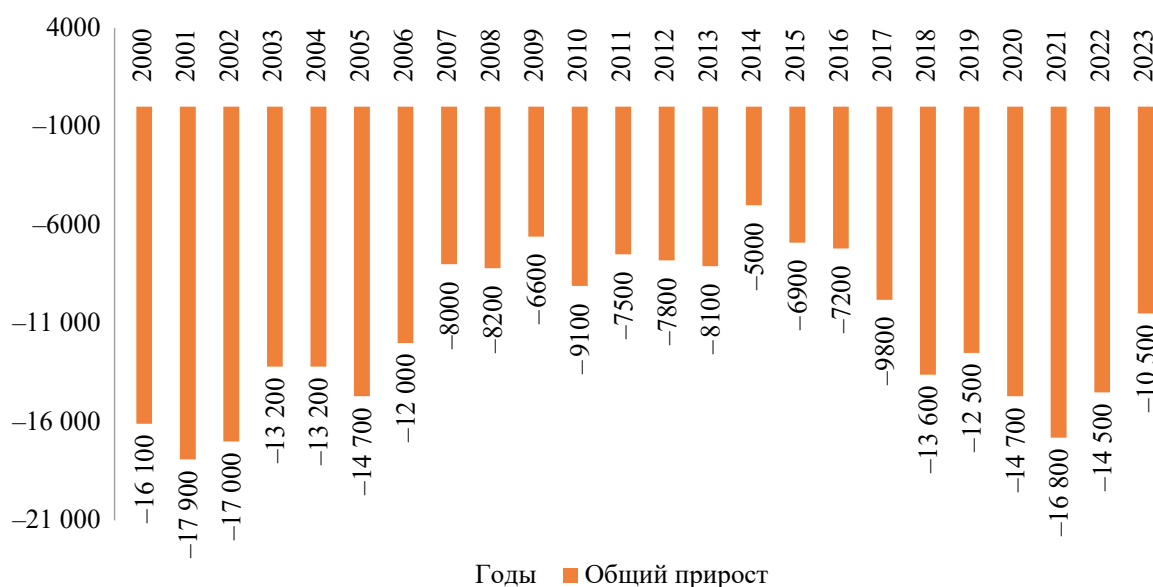


Рис. 6. Общий прирост/убыль населения Пензенской области¹¹

Анализируя данные на рис. 7, можно наблюдать незначительный рост рождаемости в период с 2000 по 2014 г., причем ежегодный прирост не превышал 500–600 новорожденных. Начиная с 2015 г. наблюдается резкое снижение количества родившихся детей. В период с 2016 по 2022 г. уровень рождаемости снизился практически в два раза.

По уровню количества умерших, в период с 2000 по 2019 г., наблюдается устойчивое снижение. Наименьшее значение зафиксировано в период с 2013

по 2019 г. Резкое увеличение смертей в 2020–2021 гг. может быть связано с периодом пандемии COVID-19.

Несмотря на улучшение показателей по уровню смертности в 2023 г. до 18 419 человек, общий уровень естественного прироста находится в отрицательной зоне за счет низкой рождаемости — только 8249 новорожденных.

При сравнении данных по отрицательным значениям естественного прироста населения и общей численности жителей Пензенской области, представленных на рис. 8, можно сделать следующие выводы.

¹¹ URL: <https://58.rosstat.gov.ru/demography>

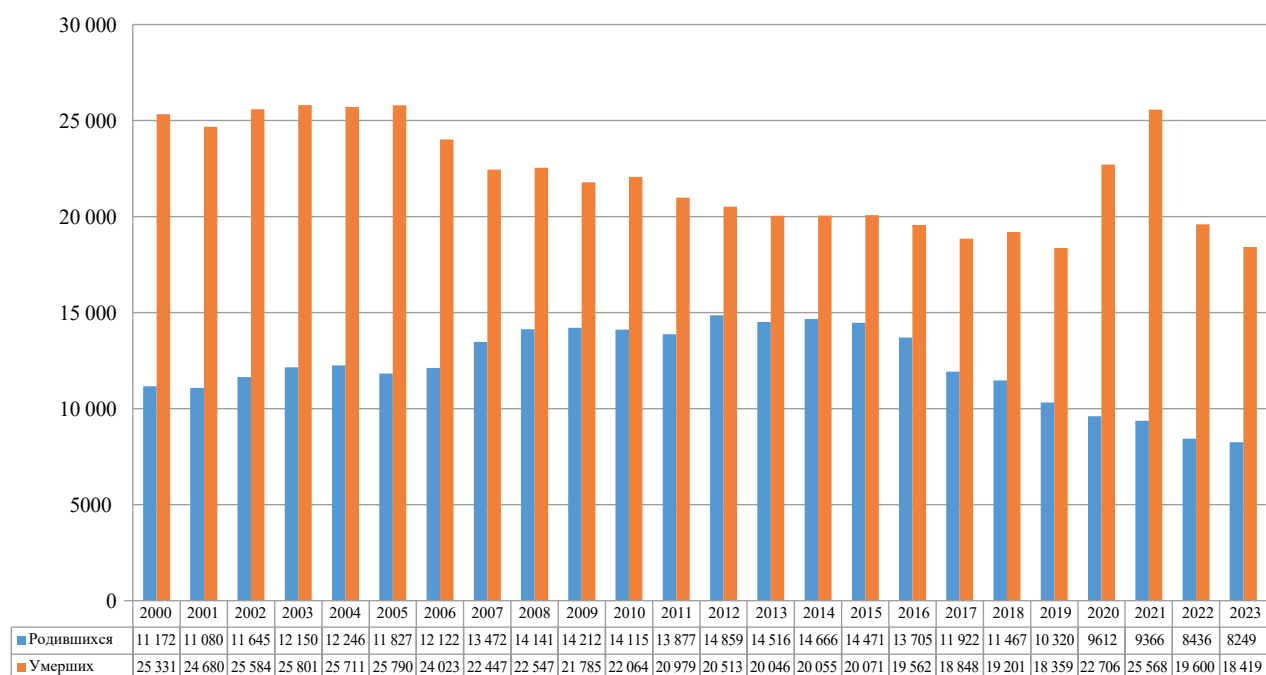


Рис. 7. Показатели рождаемости и смертности Пензенской области с 2000 по 2023 г.¹¹

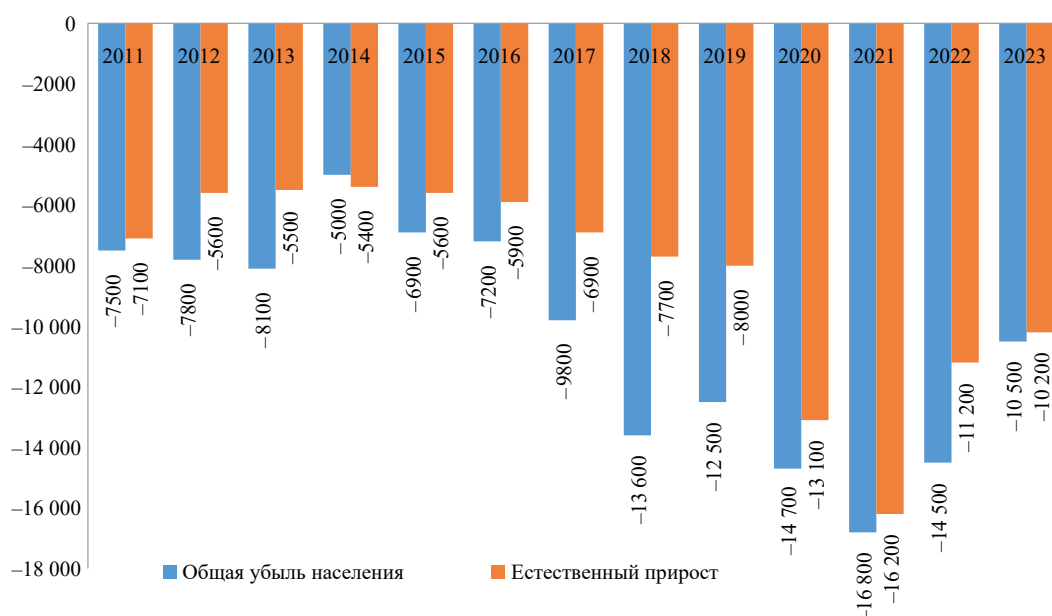


Рис. 8. Изменение численности населения в Пензенской области с 2011 по 2023 г.¹¹

При рассмотрении исследуемого временного периода наблюдений изменения в численности населения, связанные с «естественными» причинами, не совпадают с динамикой общей убыли. Уровень общей убыли значительно превышал показатели отрицательного прироста, что наблюдалось на протяжении почти всего исследуемого времени. Это позволяет заключить, что процессы, связанные с оттоком населения в другие регионы Российской Федерации, играют важную роль в изменении численности населения Пензенской области.

Таким образом, проведя анализ представленных выше данных по Пензенской области, можно сделать следующие выводы:

- наблюдается кризис в сфере демографии;
- количество смертей за рассматриваемый период значительно превышает число родившихся;
- ежегодно фиксируется сокращение общей численности населения;
- разница между естественным уменьшением населения и его общей численностью усугубляется в результате миграционных процессов.

Анализ роста заболеваемости в Рязанской и Пензенской областях

В настоящее время большое внимание уделено развитию здравоохранения на всей территории Российской Федерации. Открываются новые медицинские пункты, проводятся капитальные ремонты существующих зданий с заменой инженерных коммуникаций и установкой нового современного медицинского оборудования. Выполняются государственные программы по привлечению специалистов медицинского профиля в различные территории РФ. Несмотря на принимаемые меры, с каждым годом наблюдается общая тенденция к росту заболеваний населения. Наиболее негативная картина складывается в крупных населенных пунктах. В том числе это связано с внутренней миграцией жителей сельской местности в крупные города. Приток населения приводит к необходимости возведения новых жилых и общественных зданий, увеличения площадей проездов, шоссе, парковок, площадок сбора ТБО и иных поверхностей с твердым покрытием. При этом уменьшается площадь зеленых насаждений, играющих значительную роль в экологической обстановке городов [7]. Современные подходы к «зеленому» строительству нацелены на создание биосферной совместимости возводимых объектов [8], но, к сожалению, в массовое строительство данное направление еще не внедрено.

В данной статье рассмотрим статистические данные по заболеваниям органов дыхания, эндокринной системы, болезни крови и кроветворных органов, болезни нервной системы. Анализ будем проводить для двух регионов Российской Федерации: Рязанской и Пензенской областей. Виды анализируемых болезней выбраны неслучайно, так как их этиология тесно связана с загрязнением воздуха мелкодисперсными частицами. Особое негативное влияние на развитие данных видов болезней оказывают частицы $PM_{2,5}$ и PM_{10} .

Анализируя данные с графика, представленного на рис. 9, можно сделать выводы, что за последнее время (с 2019 по 2022 г.) в Рязанской области число выявленных жителей с болезнями крови

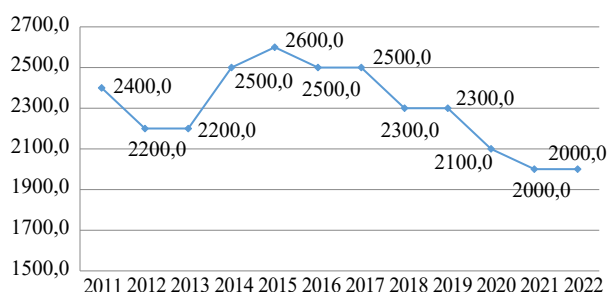


Рис. 9. Число заболевших (впервые выявленный диагноз) болезнями крови и кроветворных органов в 2011–2022 гг. в Рязанской области⁷

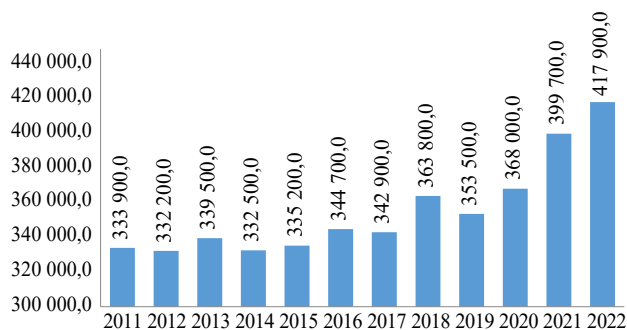


Рис. 10. Число заболевших (впервые выявленный диагноз) болезнями органов дыхания в 2011–2022 гг. в Рязанской области⁷

и кроветворных органов планомерно уменьшается. Но остается на среднем уровне 2012–2013 гг. Наивысший пик заболеваемости приходится на 2015 г. и составляет 2600 человек. Несмотря на незначительное снижение (порядка 100 человек в год), уровень заболевания крови и кроветворных органов находится на достаточно высоком уровне.

Рассмотрим данные графика, представленного на рис. 10, иллюстрирующего уровень заболевания органов дыхания в Рязанской области. К сожалению, негативная тенденция ежегодного увеличения числа больных сохраняется на протяжении всего периода исследования, и к 2022 г. был достигнут максимум заболевших — 417 900 человек, что составляет практически 50 % от всех жителей области. Приведенные данные не оставляют надежду на улучшение общей картины заболеваемости, так как промышленный комплекс Рязанской области является одним из составляющих экономического потенциала региона. На долю производства приходится 29,6 % ВВП. В промышленности занято 133 600 человек, что составляет 23,3 % от общей численности населения, занятого в экономике¹². В основном это обрабатывающее производство, генерация и распределение электроэнергии, газа и воды, организация сбора и утилизация отходов, в меньшей степени добыча полезных ископаемых. Все описанные выше производства негативно влияют на окружающую среду, в том числе генерируют загрязнение воздуха мелкодисперсными частицами, являющимися причинами многих респираторных заболеваний. Необходимо принимать неотложные меры по улучшению экологической обстановки в регионе.

По числу болезней нервной системы наблюдается незначительная положительная динамика. Так, в соответствии с данными на рис. 11, по состоянию на начало исследуемого периода (на 2011 г.) и к 2020 г. число заболевших снизилось на 4100 человек. Однако

¹² Промышленность Рязанской области : курс на развитие. URL: <http://opp.gp-media.ru/2023/11/16/промышленность-рязанской-области-ку/?ysclid=m0ca0eu16491088087> (дата обращения: 07.09.2024).

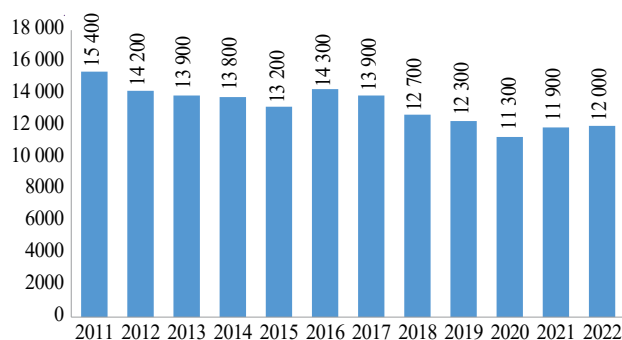


Рис. 11. Число заболевших болезнями нервной системы в 2011–2022 гг. в Рязанской области⁷

за последние два года это число увеличилось на 700 человек, что говорит о развороте негативного тренда.

Связь между мелкодисперсными частицами $PM_{2,5}$ и PM_{10} , загрязняющими воздух, и заболеваниями эндокринной системы человека на данный момент установлена. Не исключено, что именно негативное влияние загрязняющих веществ влияет на негативную тенденцию увеличения заболевания в Рязанской области. Как видно из графика на рис. 12, наибольшее значение зафиксированных случаев заболевания пришлось на 2016 г. и составило 18 000 человек. Далее происходило некоторое снижение числа заболевших и минимальное значение было зафиксировано в 2020 г., равное 11 500 человек. Но далее наблюдается ежегодный прирост и к 2022 г. общее число составило 16 200 заболевших. То есть, как и по анализу предыдущих заболеваний, общая тенденция негативная.

Проанализировав представленную выше информацию по выбранным видам заболеваний в Рязанской области, можно сделать следующие выводы:

- динамика заболеваний жителей региона болезнями крови и кроветворных органов имеет положительную тенденцию. Их число незначительно, но сокращается;
- число жителей с болезнями нервной системы за весь период наблюдений сокращается, но за последние два года наблюдается незначительно увеличение числа больных;

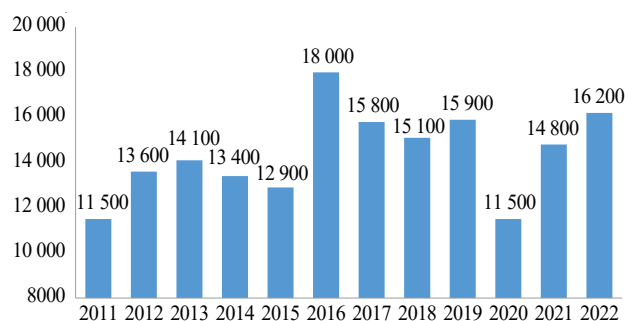


Рис. 12. Число заболевших болезнями эндокринной системы в 2011–2022 гг. в Рязанской области⁷

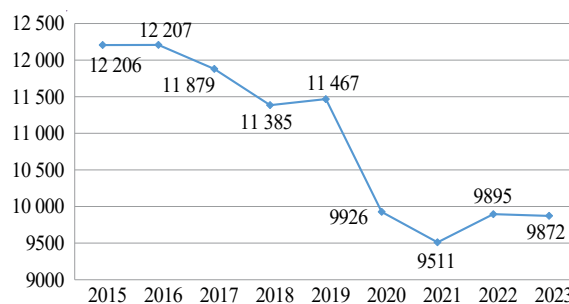


Рис. 13. Число заболевших болезнями крови и кроветворных органов с 2015 по 2023 г. в Пензенской области¹³

- за последние три года (начиная с 2020 г.) наблюдается резкое увеличение числа заболеваний, связанных с эндокринной системой и болезнями органов дыхания. Особую обеспокоенность вызывает последний тип заболеваний, так как от него страдает практически 50 % от всех жителей Рязанской области.

Отдельно стоит отметить тенденцию, связанную с одновременным уменьшением количества заболевших от рассматриваемых недугов, в период с 2019 по 2020 г. Возможно, данный факт связан с ковидными ограничениями, при которых большинство промышленных предприятий не функционировало, а движение автотранспорта по дорогам снизилось до минимума. Данные явления положительно повлияли на чистоту воздуха и уменьшили концентрацию мелкодисперсных частиц $PM_{2,5}$ и PM_{10} , провоцирующих данные заболевания.

Анализируя данные из графика на рис. 13, можно отметить, что в последние годы (с 2019 по 2022 г.) в Пензенской области наблюдается стабильное снижение среди населения числа выявленных заболеваний, связанных с кровью и кроветворными органами. Наивысшие значения заболеваемости фиксируются в 2016 г. — 12 207 человек. В период с 2021 по 2022 г. наблюдался рост числа заболевших на 384 человека. Несмотря на небольшое снижение (23 случая за последний год исследования), уровень заболеваний крови и органов кроветворения продолжает оставаться значительным.

Анализируем график, приведенный на рис. 14, который демонстрирует число заболевших болезнями органов дыхания в Пензенской области. К сожалению, продолжается негативная тенденция к ежегодному росту числа заболевших, и к 2020 г. число заболевших достигло наивысшей отметки — 507 055 человек, что составляет почти 50 % от общего количества населения области. Эти данные не внушают оптимизма относительно возможного улучшения ситуации с заболеваемостью, так как в промышлен-

¹³ Росстат. URL: https://58.rosstat.gov.ru/health_service



Рис. 14. Число заболевших (впервые выявленный диагноз) болезнями органов дыхания в 2015–2023 гг. в Пензенской области¹³

ном секторе Пензенской области обрабатывающая промышленность составляет 89,4 % общего объема.

В промышленности занято 110 000 человек. В структуру обрабатывающего сектора включены пищевая промышленность (41,3 %), машиностроение (22,6 %), металлургия (11,1 %), деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность (9,2 %), мебельное производство (6,5 %), изготовление строительных материалов (4 %) и т.д.

Все перечисленные виды производства оказывают негативное воздействие на атмосферу, в том числе способствуют образованию мелкодисперсных частиц, которые становятся причиной множества заболеваний органов дыхания.

Среди заболеваний нервной системы отмечается значительная динамика по увеличению числа заболевших (рис. 15). Число больных по состоянию на 2023 г. практически сравнялось с максимальными значениями на начало периода исследований. Минимальное число заболевших приходится на 2020 г. и составляет 41 818 человек. Но по состоянию на 2023 г. это число больных увеличилось на 9304 человека. И кривая заболеваний продолжает расти.

Вероятно, что отрицательное воздействие мелкодисперсных частиц в атмосфере способствует росту числа заболеваний эндокринной системы в Пензенской области. На представленном графике (рис. 16) видно, что наибольшее количество зарегистриро-

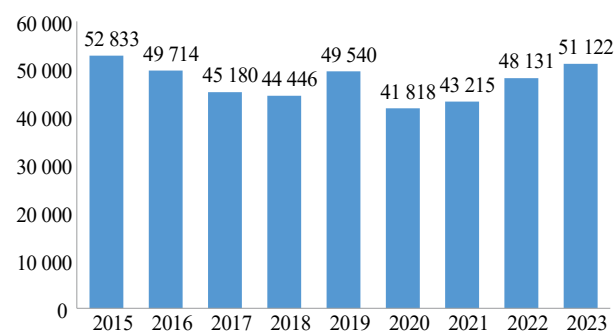


Рис. 15. Число заболевших болезнями нервной системы в 2015–2023 гг. в Пензенской области¹³

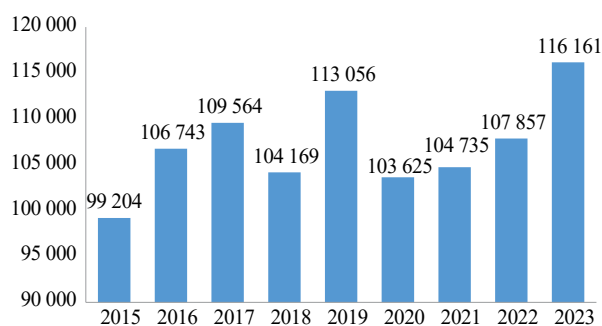


Рис. 16. Число заболевших болезнями эндокринной системы в 2015–2023 гг. в Пензенской области¹³

ванных случаев заболеваний наблюдалось в 2019 г. и составило 113 056 человек. В последующие годы количество заболевших несколько уменьшилось, достигнув минимального значения в 2020 г. — 103 625 человек. Однако затем начинается ежегодный рост, и к 2023 г. общее число заболевших возросло до нового максимума в 116 161 человек. Таким образом, как и в предыдущем анализе заболеваний, общая тенденция стремится к ухудшению.

Исследуя представленные данные по выбранным заболеваниям в Пензенской области, можно сделать ряд выводов:

- динамика заболеваний среди жителей данного региона, касающихся болезней крови и кровеносных органов, демонстрирует положительную тенденцию;
- количество людей с заболеваниями нервной системы за весь период мониторинга вернулось на исторические максимумы, и общая тенденция — негативная;
- в последний период, начиная с 2020 г., наблюдается значительный рост заболеваний, затрагивающих эндокринную систему. И к последнему году исследований значение превысило исторический максимум;
- по числу жителей с выявленными болезнями органов дыхания уровень заболевания стабилен, но пугают общие цифры, соответствующие числу половины населения области.

Результаты и их обсуждение.

Финансовое обоснование применения «зеленых» крыш

В настоящее время «зеленые» крыши в большей степени рассматриваются застройщиками как элемент «дизайна», повышающий привлекательность возводимого объекта и улучшающий его статус. Большинство инвесторов неохотно принимают решения по реализации «зеленых» крыш, так как отсутствует четкое понимание в положительных качествах применяемых конструкций, а суммарные затраты,

указанные в сметных расчетах, превышают значения устройства «классических» рулонных крыш.

С недавнего времени в России началось движение по популяризации подходов к проектированию современных зданий и жилых комплексов, основанных на применении конструкций и технологий на принципах биосферной совместимости, энергоэффективности и «зеленых» стандартов. Для этого разрабатываются и внедряются в реальное проектирование ГОСТ¹⁴ и ГОСТ¹⁵. Кроме того, ведутся многосторонние исследования, направленные на выявление свойств «зеленых» крыш, влияющих на физико-технические свойства ограждающих конструкций и улучшение экологического качества окружающей среды.

Выводы

Среди этих исследований можно выделить основные направления, влияющие на экономическую целесообразность применения «зеленых» крыш в массовом строительстве новых и реконструкции существующих зданий.

Направление № 1. Увеличение суммарного термического сопротивления ограждающих конструкций. То есть применение «зеленых» крыш позволит сократить затраты на отопление зданий в зимний период и уменьшить потребление электроэнергии на кондиционирование зданий в летний период. Кроме того, данные решения положительно повлияют на общее количество теплотеря здания, вносящие большой вклад в формирование городских островов тепла [9].

Направление № 2. Сокращение общего количества ливневых стоков, собираемых с площади крыш. Основой любых «зеленых» крыш является субстрат, позволяющий задерживать значительное количество дождевой влаги, попадающей на кровлю. Кроме того, в части технических решений предусмотрено применение профилированных мембран различной высоты. В выемках профиля мембраны также может задерживаться часть влаги, впоследствии впитывающаяся в субстрат. В настоящее время ведутся исследования по интеграции дополнительных материалов в состав «зеленых» крыш, которые позволят увеличить задерживаемое количество сточных вод [10].

Соответственно, задержка дождевой влаги позволит уменьшить нагрузку на сети городской ливневой канализации, затраты на очистку сточных вод, увеличит срок эксплуатации сетей и уменьшит финансовые затраты на текущие и капитальные ремонты коммуникаций.

Направление № 3. Улучшение экологической обстановки региона. Как было указано в настоящей статье, растения, в том числе расположенные на «зеленых» крышах, обладают способностями «фильтровать» воздух окружающей среды, абсорбируя на своей поверхности мелкодисперсные частицы. В том числе и $PM_{2,5}$ и PM_{10} , являющиеся одними из факторов, провоцирующих болезни людей. Так как рассматриваемые Рязанская и Пензенская области являются территориями с большим количеством производственных площадок, разветвленной сетью дорог и активным транспортным движением, распространение мелкодисперсных частиц в воздухе является актуальной проблемой, влияющей на экологическую обстановку регионов и значительный рост заболеваний среди населения [11].

Описанные в данной статье задачи и выбранные направления их решения укладываются в концепцию, предусмотренную стратегией научно-технологического развития Российской Федерации¹⁶.

Улучшение экологической обстановки позволит сократить количество заболевших граждан как сезонными, так и хроническими заболеваниями, что уменьшит нагрузку на органы здравоохранения.

Теоретически установим «зеленые» крыши на большую часть зданий в г. Рязани. «Зеленое» решение сократит количество ливневых стоков и сведет к минимуму необходимость в проведении ремонтных работ. С экономической точки зрения это позволит автоматически исключать сразу несколько статей затрат при дальнейшем прогнозировании бюджета. К примеру, в 2024 г. городскому бюджету удалось бы сократить выделяемую сумму средств на 7,8 %, что в денежном эквиваленте составляет 15 376 700,00 руб. В 2021 г. в Рязани экономическая эффективность принятого решения за 1 год позволила бы сократить траты на указанные виды работ на 43,79 %, что в денежном эквиваленте составляет 34 032 954,07 руб. Устройство «зеленых» крыш позволит исключить статьи затрат, касающихся ремонта крыш и ливневой канализации, при прогнозировании бюджета городов на последующие годы.

Будут уменьшены затраты Фонда социального страхования на оплату больничных листов. Так, только за 2023 г. в Рязанской области было выплачено более 3 млрд руб. на оплату больничных листов¹⁷. А здоровый сотрудник будет работать с большей отдачей.

¹⁴ ГОСТ Р 58875–2020. «Зеленые» стандарты. Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений. Технические и экологические требования.

¹⁵ ГОСТ Р 70346–2022. «Зеленые» стандарты. Здания многоквартирные жилые «зеленые».

¹⁶ О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145. Москва, Кремль, 28.02.2024.

¹⁷ MKRU Рязань. URL: [ocial/2023/01/25/v-ryazanskoy-oblasti-na-oplatu-bolnichnykh-vydelili-bolee-3-mlrd-rublei.html](https://social/2023/01/25/v-ryazanskoy-oblasti-na-oplatu-bolnichnykh-vydelili-bolee-3-mlrd-rublei.html) (дата обращения: 07.09.2024).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Безбородов Е.Л., Сысоева Е.В. Исследование проблемы загрязнения атмосферы мелкодисперсными частицами PM_{2.5} и MP₁₀ // Вестник ВГАСУ. 2024. № 1 (94). С. 186–203.
2. East J., Montealegre J.S., Pachon J.E., Garcia-Menendez F. Air quality modeling to inform pollution mitigation strategies in a Latin American megacity // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 776. P. 145894.
3. Ochoa-Alvarado L.M., Zafra-Mejía C.A., Rondón-Quintana H.A. Multitemporal analysis of the influence of PM₁₀ on human mortality according to urban land cover // *Multitemporal*. 2022. Vol. 13. P. 1949. DOI: 10.3390/atmos13121949
4. Lim C.H., Ryu J.E., Choi Y., Jeon S., Lee W.K. Understanding global PM_{2.5} concentrations and their drivers in recent decades (1998–2016) // *Environment international*. 2020. Vol. 144. P. 106011. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106011
5. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. «Зеленая» стандартизация будущего — фактор экологической безопасности среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 90–97.
6. Кузнецова К.С. Роль приумножения народонаселения в России // Актуальные исследования. Международный научный журнал. 2023. № 10 (140). С. 42–50.
7. Кормина А.А., Бакаева Н.В. Количественная оценка состояния жилой среды города (на примере жилых микрорайонов и кварталов) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 1 (45). С. 37–47.
8. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Бакаева Н.В. Вопросы комфортности и безопасности городской среды и их решение в рамках законодательных и нормативных документов // Строительство и реконструкция. 2021. № 2 (94). С. 74–86.
9. Бакаева Н.В., Ле М.Т. Исследование взаимосвязи городского острова тепла и городского острова загрязнения в Москве // Техносферная безопасность. 2024. № 1 (33). С. 19–31.
10. Сысоева Е.В., Богачев А.В. Влияние «зеленых» крыш на снижение ливневых стоков // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2023. № 2 (42). С. 81–89.
11. Сысоева Е.В., Гельманова М.О. Assessment of PM_{2.5} particulate air pollution near highways // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 6. С. 889–900. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.6.889-900

Об авторах: Елена Владимировна Сысоева — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры архитектурно-строительного проектирования и физики среды; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; ORCID: 0000-0001-7250-3190; e-mail: SysoevaEV@mgsu.ru;

Евгений Леонидович Безбородов — старший преподаватель кафедры архитектурно-строительного проектирования и физики среды; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; ORCID: 0000-0001-9365-9581; e-mail: BezborodovEL@gic.mgsu.ru.

REFERENCES

1. Bezborodov E.L., Sysoeva E.V. Investigation of the problem of atmospheric pollution by fine particles PM_{2.5} and MP₁₀. *Bulletin of the VGASU*. 2024; 1(94):186-203. (rus.).
2. East J., Montealegre J.S., Pachon J.E., Garcia-Menendez F. Air quality modeling to inform pollution mitigation strategies in a Latin American megacity. *Science of the Total Environment*. 2021; 776:145894.
3. Ochoa-Alvarado L. M., Zafra-Mejía C. A., Rondón-Quintana H.A. Multitemporal analysis of the influence of PM₁₀ on human mortality according to urban land cover. *Multitemporal*. 2022; 13:1949. DOI: 10.3390/atmos13121949
4. Lim C.H., Ryu J.E., Choi Y., Jeon S., Lee W.K. Understanding global PM_{2.5} concentrations and their drivers in recent decades (1998–2016). *Environment international*. 2020; 144:106011. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106011
5. Telichenko V.I., Slesarev M.Yu. “Green” standardization of the future — a factor of environmental safety of the life environment. *Industrial and Civil Construction*. 2018; 8:90-97. (rus.).
6. Kuznetsova K.S. The role of population increase in Russia. *Current Research. International Scientific Journal*. 2023; 10(140):42-50. (rus.).
7. Kormina A.A., Bakaeva N.V. Quantitative assessment of the state of the city’s residential environment (on the example of residential neighborhoods and neighborhoods). *Biosphere Compatibility: Person, Region, Technology. Journal*. 2024; 1(45):37-47. (rus.).
8. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Bakaeva N.V. Issues of comfort and safety of the urban environment and their solution within the framework of legislative and regulatory documents. *Construction and Reconstruction*. 2021; 2(94):74-86. (rus.).

9. Bakaeva N.V., Le M.T. Investigation of the relationship between urban heat island and urban pollution island in Moscow. *Technosphere Safety*. 2024; 1(33):19-31. (rus.).
10. Sysoeva E.V., Bogachev A.V. The influence of “green” roofs on the reduction of storm drains. *Biosphere Compatibility: Person, Region, Technology*. 2023; 2(42):81-89. (rus.).
11. Sysoeva E.V., Gelmanova M.O. Assessment of PM_{2.5} particulate air pollution near highways. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023; 18(6):889-900. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.6.889-900 (rus.).

About the authors: **Elena V. Sysoeva** — PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Architectural and Construction Design and Environmental Physics; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-7250-3190; e-mail: SysoevaEV@mgsu.ru;

Evgeny L. Bezborodov — Senior Lecturer at the Department of Architectural and Construction Design and Environmental Physics; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-9365-9581; e-mail: BezborodovEL@gic.mgsu.ru.

Общие требования

- Представляемый материал должен быть **оригинальным, не опубликованным ранее** в других печатных изданиях.
- Статья предоставляется в **1 экземпляре** на бумажном носителе или в электронном виде (по электронной почте или на любом электронном носителе).
- В одном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.
- Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.
- Если статья возвращается автору на доработку, исправленный вариант следует прислать в редакцию повторно, приложив письмо с ответами на замечания рецензента. Доработанный вариант статьи рецензируется и рассматривается редакционной коллегией вновь. Датой представления материала считается дата поступления в редакцию окончательного варианта исправленной статьи.
- Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки — РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

Требования к содержанию научной статьи

- Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные элементы**:
- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.

Требования к оформлению научной статьи

- Статья должна быть набрана шрифтом TimesNewRoman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ — 0,75 см, верхнее поле — 2 см, нижнее поле — 2 см, левое поле — 2 см, правое поле — 2 см.
- Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.
- Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 dpi. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MSWord, недопустимы.**
- Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный — 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс — 5 пт; крупный символ — 18 пт; мелкий символ — 12 пт. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).
- Необходимо учитывать, что полоса набора — 75 мм. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. Формулы, внедренные как изображение, не допускаются! Все русские и греческие буквы (Ω , η , β , μ , ω , ν и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций ($\sin$, $\cos$, $\lg$ и т. д.) — прямым шрифтом. Латинские буквы — курсивом. Химические формулы набираются прямым шрифтом.
- Список литературы к статье обязателен и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящи-

еся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

В тексте статьи не рекомендуется применять:

- обороты разговорной речи, техницизмы, профессионализмы;
- для одного и того же понятия различные научные термины, близкие по смыслу (синонимы), а также иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке;
- сокращения слов, кроме установленных правилами русской орфографии, соответствующими стандартами.
- сокращения и аббревиатуры должны расшифровываться по месту первого упоминания (вхождения) в тексте статьи.

Обязательные элементы:

- **заглавие** (на русском и английском языке) публикуемого материала должно быть точным и емким, слова, входящие в заглавие, должны быть ясными сами по себе, а не только в контексте; следует избегать сложных синтаксических конструкций, новых словообразований и терминов, а также слов узкопрофессионального и местного значения;
- **аннотация** (на русском и английском языке) описывает цели и задачи проведенного исследования, а также возможности его практического применения, указывает, что нового несет в себе материал; рекомендуемый средний объем — 200-250 слов;
- **ключевые слова** (на русском и английском языке) — это текстовые метки, по которым можно найти статью при поиске и определить предметную область текста; обычно их выбирают из текста публикуемого материала, достаточно 5-10 ключевых слов.
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи — не менее 15 источников, самоцитирование — до 20%.
- **сведения об авторах** (на русском и английском языке), включающие ученую степень, ученое звание авторов, место и должность работы, электронную почту. В статье допускается не более 4 соавторов.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации.

Все материалы направлять по адресу: 241037, Россия, г.Брянск, проспект Станке Димитрова, 3. БГИТУ.
Тел. (4832) 64-96-51.
e-mail: biosfera_swsu@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала: <https://www.swsu.ru/journal/page4.php>

Тип статьи
УДК
DOI:

ЗАГОЛОВОК СТАТЬИ

Имя Отчество Фамилия¹, Имя Отчество Фамилия²...

¹ Место работы первого автора полное и сокращенное; город, страна

² Место работы первого автора полное и сокращенное; город, страна

Аннотация (от 200 до 250 слов). Текст текст текст.
Ключевые слова: (5–10 слов) текст, текст, текст, текст, текст
Благодарности (если нужно).
Автор, ответственный за переписку: Имя Отчество Фамилия, адрес электронной почты для связи.

ЗАГОЛОВОК СТАТЬИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Имя О. Фамилия¹, Имя О. Фамилия²... на английском языке

¹ Место работы первого автора полное и сокращенное; город, страна — на английском языке

² Место работы первого автора полное и сокращенное; город, страна — на английском языке

Abstract (200–250 слов). Text.
Keywords: (5–10 слов) text, text, text.
Acknowledgements: text, text, text.
Corresponding author: Имя О. Фамилия, адрес электронной почты для связи — на английском языке

Основной текст [1, 2].
Текст (табл. 1).

Табл. 1. Пример таблицы в статье

Наименование показателя	Единица измерения	Концентрация	Допустимая концентрация	Уровни требующие вмешательства
Кадмий	мг/кг	0,02 – 0,1	0,8	12
Никель		1,0 – 5,5	35	210
Медь		0,7 – 2,6	36	190

Текст (рис. 1).



Рис. 1. Пример рисунка в статье

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Самарин О.Д. О расчете охлаждения наружных стен в аварийных режимах теплоснабжения // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 2. С. 46–50. URL: <http://izvuzstr.sibstrin.ru/uploads/publication/fulltext/2-2007.pdf> (дата обращения: 04.12.18).
2. Мусорина Т.А., Петриченко М.Р. Математическая модель тепломассопереноса в пористом теле // Строительство: наука и образование. 2018. Т. 8. № 3. С. 35–53. DOI: 10.22227/2305-5502.2018.3.3

Об авторах: **Имя, Отчество, Фамилия** (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме, в именительном падеже), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации; адрес электронной почты;

Имя, Отчество, Фамилия (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме, в именительном падеже), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации; адрес электронной почты.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Samarin O.D. On calculation of external walls coling in emergency condition of heat supply. Proceedings of Higher Educational Institutions. Construction. 2007; 2:46-50. URL: <http://izvuzstr.sibstrin.ru/uploads/publication/fulltext/2-2007.pdf> (Accessed 19th June 2015). (rus.).
2. Musorina T.A., Petrichenko M.R. Mathematical model of heat and mass transfer in porous body. Construction: science and education. 2018; 8(3):35-53. DOI: 10.22227/2305-5502.2018.3.3(rus.).

About the author (сведения об авторах на английском языке приводятся в полном виде, без сокращений слов): **Имя, Отчество, Фамилия** (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации (в последовательности: офис, дом, улица, город, индекс, страна); адрес электронной почты;

Имя, Отчество, Фамилия (полностью) — ученая степень, ученое звание, должность, подразделение; **название организации** (обязательно приводить в полной и краткой официально установленной форме), в которой работает (учится) автор; почтовый адрес организации (в последовательности: офис, дом, улица, город, индекс, страна); адрес электронной почты.

Contribution of the authors: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Учредители журнала:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)
305040, Россия, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94
Тел.: +7 (4712) 50-48-00, www.swsu.ru
E-mail: swsu.ee@gmail.com

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Брянский государственный инженерно-технологический университет» (БГИТУ)
241037, Россия, г. Брянск, проспект Станке Димитрова, 3
Тел.: +7(4832) 74-60-08, www.bgita.ru
E-mail: mail@bgita.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт
строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН)
127238, Россия, г. Москва, Локомотивный проезд, 21
Тел.: +7 (495) 482-39-67, E-mail: niisf@niisf.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ)
129337, Россия, г. Москва, Ярославское шоссе, 26
Тел.: +7(495) 781-80-07, www.mgsu.ru
E-mail: kanz@mgsu.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский и проектный
институт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации» (ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России»)
119331, Россия, г. Москва, проспект Вернадского, 29
Тел.: +7 (499) 951-95-21, www.cniipminstroy.ru
E-mail: info@cniipminstroy.ru

Адрес редакции и издателя

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет».
Издательство МИСИ – МГСУ
129337, Москва, Ярославское ш., д. 26.
Сайт: www.mgsu.ru
E-mail: journals@mgsu.ru

Право использования произведений предоставлено авторами на основании
п. 2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Выпускающий редактор: Анна Александровна Дядичева
Редактор: Людмила Борисовна Корзухина
Корректор: Оксана Валерьевна Ермихина
Дизайн и верстка: Юлия Зиновьевна Алейникова

Подписано в печать 30.09.24
Формат 60×84 1/8. Печ.л. 11,74
Тираж 1000 экз.
Заказ № 375.

Отпечатано с готового оригинал-макета