



16+



Научно-технический журнал
Издается с 2013 года.

Выходит четыре раза в год.

№ 1 (49), 2025

Дата выхода в свет
27.03.2025

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.
Бакаева Н.В. советник РААСН, д-р техн. наук, 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.
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)
Воличенко О.В. советник РААСН, д-р арх., проф.
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, 2025

© БГИТУ, 2025

© НИИСФ РААСН, 2025

© НИУ МГСУ, 2025

© ФГБУ «ЦНИИП МИНСТРОЯ РОССИИ», 2025

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

Вопросы теории биосферной совместимости городов и поселений

К.К. Колин. Биосферная совместимость человека и природы как стратегический приоритет науки и образования в XXI веке 2

Проблемы и программы развития регионов

Г.А. Птичникова. Проблемы развития городов и поселений и биосферные ресурсы территории (на примере Нижней Волги и Дона). Часть 1 12

Города, развивающие человека

Н.В. Бакаева, В.А. Гордон, И.В. Черняева, А.А. Кормина. Изучение и прогнозирование рождаемости в контексте парадигмы биосферной совместимости 20

Д.А. Дьяченко, А.В. Попов. Градостроительный опыт внедрения велоинфраструктуры в городах России 30

Градоустройство и архитектура

А.А. Токова, Л.А. Солодилова. Архитектурные аспекты формирования этнокультурного центра в составе этнокультурного туристского кластера в Республике Северная Осетия – Алания 39

А.Е. Коробейникова, А.Р. Хазбулатова. Методика оценки рисков воздействия изменения климата на урбанизированные территории Южного федерального округа с использованием детерминированного факторного анализа 49

Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Н.П. Умнякова, В.А. Смирнов. Городская среда обитания человека в условиях изменения климата 65

В.Л. Беляев, А.А. Лаврусевич. Проблемы оценки карстовой опасности городских территорий в свете правового регулирования и стандартизации 79

И.А. Гульшин. Автоматизация системы управления процессами очистки сточных вод с помощью методов машинного обучения 96

О.В. Февральских. Глубокая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах 104

Уважаемые авторы! 111

Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 2–11.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 004.056.2

DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.2-11

БИОСФЕРНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПРИОРИТЕТ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ В XXI ВЕКЕ

Константин Константинович Колин

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

Проведен системный анализ тех изменений, которые необходимо осуществить в современной системе образования для обеспечения биосферной совместимости человека и природы. Показано, что решение этой проблемы необходимо для выживания человечества в условиях нарастания глобального экологического кризиса в XXI в. Рассмотрены основные тенденции трансформации современного мира и показано, что они представляют собой реальную угрозу самоуничтожения человечества как биологического вида еще до конца XXI в. Для противодействия этой глобальной угрозе необходима консолидация совместных усилий всех стран и народов мира, которые сегодня разобщены и противостоят друг другу в геополитической, экономической, технологической и гуманитарной сферах. В этих условиях особую значимость приобретает такая ориентация науки и образования, которая сможет обеспечить новое мировоззрение интеллектуальной элиты общества, а также подготовку необходимого количества специалистов для восстановления жизненно важных экосистем планеты на основе эффективного использования новых технологий. Показан научно-методологический потенциал России, который может быть использован для решения этой глобальной проблемы. Важную роль здесь должно сыграть проведение комплексных исследований этой проблематики и внедрение ее результатов в практику градостроительства и систему подготовки кадров для строительной отрасли России.

Ключевые слова: биосферная совместимость, градостроительная политика, глобальные угрозы, интеллектуальная элита, парадигма развития общества, приоритеты образования

Для цитирования: Колин К.К. Биосферная совместимость человека и природы как стратегический приоритет науки и образования в XXI веке // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 2–11. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.2-11

BIOSPHERIC COMPATIBILITY OF MAN AND NATURE AS A STRATEGIC PRIORITY OF SCIENCE AND EDUCATION IN THE 21ST CENTURY

Konstantin K. Kolin

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

A systematic analysis of the changes that need to be implemented in the modern education system to ensure the biospheric compatibility of Man and Nature is carried out. It is shown that the solution of this problem is necessary for the survival of mankind in the conditions of the growing global environmental crisis in the XXI century. The main trends in the transformation of the modern world are considered and it is shown that they pose a real threat to the self-destruction of humanity as a biological species before the end of the XXI century. To counter this global threat, it is necessary to consolidate the joint efforts of all countries and peoples of the world, which today are divided and competing with each other in the geopolitical, economic, technological and humanitarian spheres. In these conditions, such an orientation of science and education is of particular importance, which will be able to provide a new worldview for the intellectual elite of society, as well as the training of the necessary number of specialists to restore vital ecosystems of the planet based on the effective use of new technologies. The scientific and methodological potential of Russia, which can be used to solve this global problem, is shown. An important role here should be played by conducting comprehensive research on this issue and introducing its results into the practice of urban planning and the training system for the Russian construction industry.

Keywords: biosphere compatibility, urban planning policy, global threats, intellectual elite, social development paradigm, education priorities

For citation: Kolin K.K. Biospheric compatibility of man and nature as a strategic priority of science and education in the 21st century. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1:2-11. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.2-11 (rus.).

Введение. Современный мир: глобальные тенденции, вызовы и угрозы

Системные исследования показывают, что в XXI в. начался период глубоких и масштабных трансформаций, которые происходят практически во всех сферах жизнедеятельности общества. Ранее таких перемен никогда не было, поэтому современное общество оказалось к ним не готовым ни в интеллектуальном, ни в психологическом плане. Перемены осуществляются слишком быстро, не оставляя людям времени для того, чтобы адаптироваться к новым условиям своего существования.

Сбывается прогноз американского футуролога Элвина Тоффлера, который был сделан в его монографии «Шок будущего», изданной в США еще в конце прошлого века [1]. В ней показано, что основная проблема человечества в XXI в. будет состоять не только в том, чтобы привыкнуть к постоянным переменам, но еще и в том, чтобы сохранить *ценностно-психологическое ядро культуры*. Ключевую роль в решении этой проблемы должна сыграть новая система образования.

Возможные последствия происходящих сегодня глобальных перемен в жизнедеятельности общества, а также в окружающей человека природе и новой среде его обитания, которая стремительно заполняется все более сложными техническими устройствами, плохо прогнозируются. Поэтому многие вызовы и угрозы глобальных трансформаций еще не осознаны даже на уровне интеллектуальной элиты общества. И эта ситуация представляет собой серьезную угрозу для глобальной безопасности мировой цивилизации [2].

Проведенные в России исследования показали, что основными тенденциями глобальных перемен в современном мире являются следующие:

1. *Великий демографический переход*. Это понятие ввел в научную терминологию российский ученый С.П. Капица, который выполнил фундаментальные исследования динамики численности населения нашей планеты [3]. Он показал, что в XXI в. рост населения замедлится и, после достижения своего максимума к середине этого века на уровне 12 млрд человек, он начнет достаточно быстро сокращаться. Главными причинами этого станут глобальная информатизация общества и развитие системы образования.

2. *Быстрое истощение запасов энергетических и природных ресурсов планеты*, включая запасы пресной воды, от дефицита которой уже сегодня страдают около 2 млрд человек. В настоящее время масштабы добычи природных ресурсов не ограничены юридическими и моральными нор-

мами и поэтому они добываются слишком интенсивно. По оценкам специалистов, допустимые пределы здесь уже давно превышены. Так, например, по оценкам российских ученых, если все жители планеты захотят жить по стандартам Калифорнии, то к 2050 г. нам потребуется еще одна такая же планета, а к 2060 г. — три таких планеты, как Земля [4].

3. *Нарастание глобального экологического кризиса*. Его апогей прогнозируется на середину XXI в., а главной причиной является безответственная и все более масштабная техногенная деятельность человека. В результате этого многие жизненно важные экосистемы планеты уже разрушены и не смогут быть восстановлены в будущем.

4. *Милитаризация общества*. Она проявляется в повышении уровня военных расходов и численности армий многих стран, которая превышает потребности их самообороны. В странах НАТО возрождается военная промышленность и идет открытое приготвление к новой мировой войне с применением оружия массового поражения.

5. *Возрождение фашизма*. В XXI в. фашизм вновь поднимает голову в Германии, странах Балтики и на Украине, где фашистская идеология поддерживается на государственном уровне. Факельные шествия неонацистов охраняются полицией, а в их рядах можно наблюдать членов парламента и молодых людей со свастиками, которые не знают даже истории своей страны. Сознание современной молодежи целенаправленно формируется геополитической пропагандой, а также работой специалистов кибервойск Запада в компьютерных социальных сетях. Так, например, молодые люди в Японии убеждены, что атомную бомбардировку их страны осуществил Советский Союз, а не США, которые имеют на территории Японии свою крупную военную базу.

6. *Глобальная научно-технологическая революция*. Она радикальным образом изменяет весь образ жизни людей во многих странах мира, их способы общения между собой, базовые ценности, представления о качестве жизни, личном и общественном благополучии и даже о пространстве и времени. Особенно быстрые и глубокие изменения происходят в информационной сфере общества, которая занимает все более значимое место в его жизнедеятельности. Исследования показывают, что эта революция создает для людей не только новые удобства и возможности, но также и целый комплекс новых проблем, вызовов и угроз, которые требуют адекватной реакции для обеспечения безопасности [5].

7. *Трансформация природы самого человека*. Эта трансформация происходит под воздействием новой техносферы как среды обитания человека и образа его жизни. Она проявляется в изменениях социаль-

ных, психологических и физиологических свойств и качеств человека, а также в его отношениях к себе, другим людям и окружающей природе. Кроме того, в последние годы появилась информация о генетических опытах над людьми, а также о биологической и кибернетической трансплантации органов человеческого организма [6].

8. *Снижение роли науки и образования в обществе.* Аналитические исследования показывают, что роль науки и образования в стратегии развития современной цивилизации в последние годы неуклонно снижается даже в экономически развитых странах. И это уже привело к весьма существенной деморализации общества, маргинализации молодого поколения, доминированию потребительских ценностей и низкопробной массовой культуры. В условиях нарастания глобальных вызовов и угроз XXI в. такая ситуация является очень опасной для будущего мировой цивилизации.

Перечисленные выше тенденции наблюдаются в настоящее время во многих странах мира. Этому содействует процесс глобализации общества. Однако проявление этих тенденций в каждой стране имеет свою специфику, которая обусловлена национальной культурой и традициями этой страны, которые являются важными факторами формирования общественного сознания. И в этом ключевая роль принадлежит системе образования.

Главные угрозы для безопасности мировой цивилизации

Системные исследования показали, что в настоящее время главными угрозами для безопасности мировой цивилизации являются следующие:

1. *Возможность самоуничтожения человечества в результате ядерной войны.* Эта угроза в последние годы становится все более реальной, и поэтому она объективно выдвигается на первый план [7]. О возможности и даже о неизбежности использования тактического ядерного оружия в региональных военных конфликтах заявляют сегодня многие системные аналитики, а также политические лидеры ряда стран Запада. В их числе Великобритания, Германия, США и даже Польша, которая понесла большие потери во второй мировой войне. При этом авторы этих заявлений уверены в своей безопасности, так как полагают, что последствия «ограниченной» ядерной войны не будут распространяться на территорию их собственной страны. Однако исследования показывают, что это представление является глубоко ошибочным. Так, например, специалистами США было проведено моделирование последствий региональной ядерной войны между Пакистаном и Индией. Оно

показало, что, если в этой войне будет использовано порядка 50 ядерных зарядов средней мощности, то этого вполне достаточно для того, чтобы наступила «ядерная зима», которая продлится около двух лет. В результате этого человечество погибнет от голода, а биологическая жизнь останется лишь в глубинах мирового океана. Этот вывод подтверждают и российские специалисты, хотя, по их оценкам, для наступления «ядерной зимы» необходимо взорвать порядка 100 зарядов тактического ядерного оружия [8].

К сожалению, эти результаты не стали предметом обсуждения на уровне ООН, той международной организации, которая в 1945 г. была специально создана для предотвращения новой мировой войны. В настоящее время эта организация демонстрирует свою полную беспомощность в решении проблем глобальной безопасности. Поэтому мировому научно-образовательному сообществу нужно брать решение этой проблемы в свои руки. Прежде всего необходимо найти пути активного воздействия на общественное сознание. Должны быть проведены научные конференции по актуальным проблемам глобальной безопасности. Необходимы кинофильмы и телевизионные передачи об опасностях ядерной войны, в которых было бы наглядно показано, какой ужасный конец готовят миру современные поджигатели этой войны, не встречая необходимого противодействия со стороны международных, национальных и общественных организаций. В настоящее время практически ничего для этого не делается. Создается впечатление, что *человечество утрачивает* один из самых важных инстинктов живых организмов — *инстинкт самосохранения*. И это очень, очень опасно.

2. *Глобальный экологический кризис.* По имеющимся прогнозам, он должен наступить не позднее середины XXI в. Предотвращение этого кризиса представляет собой проблему такого масштаба и сложности, которая требует безотлагательной мобилизации интеллектуальных, технологических, экономических и людских ресурсов всех стран мира. В современных условиях эта проблема представляется практически неразрешимой. Об этом свидетельствует тот факт, что принятая в 2015 г. Программа действий ООН в области устойчивого развития на период до 2030 года практически не выполняется. Эта Программа содержит 17 глобальных целей и 169 задач, которые должны быть решены к 2030 г. Но ни одна из этих задач сегодня не выполнена, хотя прошло уже более половины периода действия этой Программы [9].

Тем временем глобальные экологические угрозы продолжают быстро нарастать. По имеющимся прогнозам, количество пластиковых отходов в миро-

вом океане по своему объему к 2030 г. превысит все запасы имеющихся в нем морепродуктов. При этом наночастицы пластика попадают не только в организмы морских обитателей. Они уже обнаружены и в кровеносных сосудах жителей прибрежных стран, использующих эти продукты для своего питания.

Изменение режима океанского течения Гольфстрим, которое многие годы обогревало Западную Европу, таяние вечной мерзлоты в северных территориях планеты, а также ледников Арктики и Антарктики — все это грозные признаки нарушения гомеостаза нашей планеты. По мнению авторитетных специалистов, они вызваны все более масштабной техногенной деятельностью человека, которая продолжает нарастать, несмотря на предупреждения ученых. Вполне естественно, что наша планета как сложная самоорганизующаяся система начинает все более активно реагировать на эти негативные воздействия. И это проявляется повсеместно в виде глобальных изменений климата, землетрясений, извержений вулканов, ураганов и засухах в тех регионах мира, где ранее таких явлений не было.

Но это еще не все современные экологические угрозы. Новые угрозы экологического характера несут с собой процессы урбанизации современного общества и развитие информационно-технологической революции. Одна из них связана с *деформацией естественных электромагнитных полей в новой среде обитания человека*. В условиях современного города эти поля существенным образом изменяются. С одной стороны, происходит экранирование внутренних помещений городских зданий их железобетонными стенами. А с другой, эти помещения все больше насыщаются электронной техникой, которая создает в них собственные поля достаточно высокой интенсивности [10]. Уже сегодня во многих квартирах работают роутеры сети Интернет, а в ближайшие годы в них будут размещаться многочисленные устройства интернет-вещей, которые будут встроены во все бытовые приборы, начиная с холодильника и кончая кофеваркой. Как все это скажется на здоровье людей, которые будут постоянно находиться в таких условиях, сегодня не знает никто, так как необходимых исследований в этой области практически не проводится.

Эта проблема является новой и достаточно серьезной, так как в городах проживает уже две трети населения нашей планеты. И речь идет не только о повышенной утомляемости людей в таких условиях, но и о возможности более серьезных последствий интенсивного электромагнитного воздействия на живые организмы. Исследования российского ученого П.П. Горяева показали, что такие воздействия влияют не только на физиологические процессы живых организмов, но и на их генетику

[11]. При этом могут возникать генетические мутации этих организмов, которые могут оказаться очень опасными.

В организме человека, а также вокруг него существует большое количество бактерий и вирусов, которые также будут постоянно находиться в новой электромагнитной среде. Где гарантии, что при этом не возникнут такие их генетические мутации, которые будут опасными для людей и животных и не приведут их к новым болезням и даже к эпидемиям? Ведь уже есть информация, что на орбитальной космической станции обнаружены опасные виды новых бактерий, которые появились там в результате воздействия космических лучей.

Таким образом, можно утверждать, что экологическая обстановка на нашей планете становится все более опасной и требует системных исследований. Их результатом должен стать *экологический императив*, который должен быть внедрен в общественное сознание через новую систему образования и воспитания.

3. *Нарастание гуманитарного кризиса и духовно-нравственное разложение общества*. Этот процесс в настоящее время происходит во многих странах и становится одной из самых серьезных угроз для дальнейшего развития общества. Понимание глобального характера этой проблемы стало формироваться лишь в последние годы.

Глобальный гуманитарный кризис имеет системный характер и развивается одновременно по нескольким направлениям. Наиболее значимыми из них являются следующие:

- современное общество переходит в новое состояние, которое в середине XXI в. будет характеризоваться стабилизацией общей численности населения на уровне 10–11 млрд человек. При этом численность населения в странах Африки и Азии существенно увеличится, а в странах Европы, наоборот, сократится, несмотря на приток в эти страны значительного количества мигрантов;
- происходит снижение общего уровня образованности населения, его интеллектуального потенциала, а также качества интеллектуальной элиты. Основными факторами этого феномена является рост населения в слабо развитых странах, а также снижение качества образования в странах, которые сегодня являются экономически развитыми;
- происходит моральное разложение общества в условиях потребительской концепции его развития, рост агрессивности, насилия, жестокости, жадности, эгоизма и равнодушия к другим людям;
- наблюдается кризис традиционной семьи в странах Запада, где сегодня процветает и агрессивно насаждается культура сообщества ЛГБТ;

- происходит деградация личности в цифровом обществе, в котором все большее место занимает виртуальная реальность;
- опасные генетические опыты над людьми уже проводятся в некоторых странах с целью изменения биологической природы человека, несмотря на то, что это запрещено современным международным законодательством;
- возникла философия трансгуманизма, которую пропагандируют некоторые энтузиасты в качестве средства, которое должно преодолеть «несовершенство естественной природы человека» и избавить его от болезней и страданий.

4. *Системный кризис культуры.* Одним из результатов развития перечисленных выше процессов стала *маргинализация культуры* современного общества, при которой массовая культура низкого качества заполонила все средства информационных коммуникаций. Российский композитор В.С. Дашкевич назвал этот феномен «Великим культурным одичанием» и посвятил его изучению свою фундаментальную монографию [12]. В ней показано, что высокий уровень агрессивности современного общества в значительной мере обусловлен снижением качества его музыкальной культуры. И этот процесс продолжается, не получая необходимого противодействия со стороны деятелей культуры, государства и общественных структур.

5. *Система цивилизационных ценностей Запада как глобальная угроза безопасности.*

Исследования российских и зарубежных ученых показывают, что культура в странах Запада стремительно деградирует, и это становится серьезной угрозой для глобальной безопасности мировой цивилизации. Так, в монографии трех западных ученых «Революция сознания: Трансатлантический диалог» [13] дана следующая оценка этой ситуации: «Наша деловая этика, наша политика, даже наш индивидуальный стиль жизни — все это лишь симптомы более глубокой проблемы. Вся наша цивилизация нежизнеспособна, и причина этого в нежизнеспособности нашей ценностной системы, самого нашего сознания, которое определяет наше отношение к миру».

Аргументируя эту оценку, авторы отмечают, что в настоящее время лишь 10 % населения мира принадлежат к обеспеченному классу. Однако именно они потребляют более трех четвертей всех ресурсов планеты. Но ведь невозможно обеспечить такой уровень потребления для всего населения планеты, численность которого быстро растет. Для этого потребовалась бы не одна, а 5–6 таких планет, как Земля. Поэтому до массового сознания постепенно доходит факт нежизнеспособности такого порядка вещей, который сегодня существует.

К сожалению, эта оценка не привлекла к себе необходимого внимания интеллектуальной элиты стран Запада, которые активно продолжают свою культурологическую экспансию, используя для этого современные информационные, экономические и геополитические средства и методы, а также свое доминирующее положение во многих международных организациях.

Особо агрессивную политику в этой области в последние годы проводят США, где элита считает такую политику своей цивилизационной миссией. Необходимость выполнения этой миссии определена в Стратегии национальной безопасности США. В тексте этого документа перечислены требования защиты таких базовых ценностей американской культуры, как демократия, свобода слова, свобода вероисповедания, а также защита этнических и религиозных меньшинств, людей с ограниченными возможностями, лесбиянок, гомосексуалистов и трансгендеров.

Сегодня мы видим, к чему привела эта политика в самих США. Там сейчас доминирует «диктатура меньшинств», интересы которых ставятся выше интересов всего остального населения страны. Наглядной демонстрацией морального разложения культуры стран Запада стала церемония открытия Олимпийских игр 2024 года в Париже. На этой церемонии была показана пародия на известную христианскую картину «Тайная вечеря». При этом в качестве актеров выступали трансгендеры. Это отвратительное зрелище вызвало возмущение не только сторонников христианской религии, но также и мусульман, которые посчитали его демонстративным оскорблением религиозных чувств верующих всего мира. Но ведь это зрелище проходило в присутствии членов Международного олимпийского комитета и не получило с его стороны никакого осуждения. Не было осуждения и в западных средствах массовой информации. Вот до какого уровня докатилась сегодня западная культура, в которой личная свобода превратилась во вседозволенность, не имеющую моральных ограничений.

Научные исследования показывают, что базовые ценности современной американской культуры конечно же не являются универсальными [14]. Поэтому они не могут рассматриваться в качестве «общечеловеческих ценностей», пригодных для любой страны, имеющей свою собственную систему культурных ценностей. Тем не менее они в настоящее время активно навязываются всему миру в качестве основы «нового мирового порядка», который формируют США, рассматривая себя как мирового гегемона и жандарма.

6. *Общество потребления и структура занятости.* В настоящее время в экономически разви-

тых странах сложился жизненный уклад, который получил название *общества потребления*. Мерой качества жизни в таком обществе является уровень потребления населением товаров и услуг. При этом значительная часть трудоспособного населения занята в сферах торговли, медицинского обслуживания, туризма и индустрии развлечений. Характерная структура занятости населения в этих странах выглядит следующим образом: 2 % работают в сельском хозяйстве, 10 — в промышленности, 15 — в сфере управления, а остальные никакой продукции не производят.

Такая структура занятости сложилась во многих странах Запада, которые переместили значительную часть своей промышленности в страны Востока, где стоимость рабочей силы является более низкой. Однако при этом упал спрос на специалистов инженерного профиля и снизился уровень образования в области технических и естественных наук. Поэтому интеллектуальный уровень населения стран Запада в последние годы быстро снижается, а в странах Востока он, наоборот, возрастает в результате их научно-технологического развития.

Необходимо отметить, что современная *концепция потребительского общества*, которая в настоящее время доминирует в странах Запада, создает в них также и другие серьезные социальные проблемы. Одна из них — ожирение. Две трети населения США сегодня страдают от ожирения в результате переизбытка, использования некачественных продуктов питания типа «фаст-фуд», а также малоподвижного образа жизни.

7. *Разрушение ценностей традиционной семьи.* Эта проблема выдвинулась на первый план в последние годы в результате агрессивной деятельности сообщества сексуальных меньшинств в ряде стран Запада. Под предлогом защиты своих гражданских прав представители сообщества ЛГБТ заняли ответственные посты в органах государственной власти и средств массовой информации и получили возможность навязывать свою идеологию остальному обществу. К сожалению, эта деятельность поддерживается правительствами ряда стран Запада и не встречает противодействия со стороны католической и протестантской церкви в этих странах.

Результатом этого стало разрушение традиционных семейных ценностей и снижение рождаемости коренного населения этих стран, которое утрачивает свою национальную идентичность под воздействием процессов миграции из стран Азии и Африки. При этом коренная нация в странах вырождается, а вместе с ней и созданная ею национальная культура.

8. *Искусственный интеллект и деградация личности.* В XXI в. началось бурное развитие средств, методов и технологий искусственного интеллекта

[15]. Более 30 стран приняли и реализуют в этой области свои национальные программы, и их первые успехи впечатляют. Уже созданы беспилотные средства воздушного и наземного транспорта, а также интеллектуальные роботы, которые способны проводить хирургические операции с прецизионной точностью. В ближайшие годы ожидается появление в обществе автономных интеллектуальных роботов различного назначения.

Сегодня инвестиции в развитие искусственного интеллекта уже измеряются сотнями миллиардов долларов. При этом программы оборонного назначения засекречены, а объемы их финансирования обществу неизвестны, хотя понятно, что такие работы ведутся во многих странах, и поэтому они обязательно дадут свои результаты уже в ближайшие годы.

Примером здесь могут служить достижения в области создания автономных интеллектуальных роботов. В 2015 г. компанией Hanson Robotics из Гонконга был создан человекоподобный робот София, способный к самообучению и предназначенный для общения с пожилыми людьми с целью снижения у них чувства одиночества. Сегодня эта проблема становится актуальной в развитых странах мира, поэтому для ее решения в правительстве ряда стран (Великобритании, Японии и Сингапуре) созданы специальные министерства по вопросам одиночества.

София способна имитировать различные выражения своего лица, устанавливать зрительный контакт с собеседником и вести с ним диалог на английском языке. Она читает книги и просматривает телепередачи. Но ее самое главное достоинство — это *способность к самообучению*. Она анализирует уже состоявшиеся диалоги и на этой основе улучшает качество своих ответов в будущем. С каждым годом она становится все более похожей на обычного воспитанного человека.

В 2017 г. София получила гражданство Саудовской Аравии, страны, в которой развитию искусственного интеллекта уделяется особое внимание. Саудовская Аравия стала первой страной в мире, которая выдала гражданство человекоподобному роботу. Об этом решении было объявлено 25 октября 2017 г. на Международной конференции Future Investment Initiative в Эль-Рияде. София выступила на этой Конференции со словами благодарности. Поэтому именно этот день следует считать началом становления на нашей планете эпохи *гибридного общества*, когда вместе с людьми на ней будут существовать роботы, имеющие определенный социальный статус.

В 2018 г. компания Hanson Robotics сконструировала для Софии ноги, и теперь андроид может

передвигаться самостоятельно. Работа по повышению его интеллектуальных способностей продолжается, и компания планирует организовать серийное производство таких роботов. Современное общество к этому не готово.

Появились также и другие проблемы, связанные с развитием искусственного интеллекта, которое сегодня происходит без должного контроля со стороны государства и общества. Одна из них относится к правовой сфере, так как правовой статус искусственного интеллекта еще не определен, а его потенциальные опасности для человека и общества на необходимом уровне еще не изучены.

Однако главную опасность аналитики видят в том, что, перекачивая свою интеллектуальную активность на системы искусственного интеллекта, человек сам начинает утрачивать интеллектуальные способности. Ведь они развиваются только тогда, когда мозг человека интенсивно работает над решением сложных проблем.

Искусственный интеллект — это первое в истории человечества мощное средство, которое человек создал для усиления своего интеллекта. Однако здесь кроется для него и очень большая опасность, так как это средство может оказаться не рычагом, а костылем, т.е. таким средством, которое будет заменять человеку его собственный интеллект. А это уже серьезная деградация личности [16].

Еще одна угроза связана с использованием искусственного интеллекта для военных целей. В некоторых странах уже создаются боевые роботы, а также стаи боевых дронов, которые смогут действовать самостоятельно и принимать решения по уничтожению объектов противника. Поэтому войны будущего могут стать войнами боевых систем искусственного интеллекта. И это повышает риски для глобальной безопасности, так как решения в ходе боевых действий будут приниматься системами искусственного интеллекта практически без участия человека.

История развития человечества свидетельствует, что все свои крупные научно-технологические достижения человек всегда использовал против себя, а также для уничтожения других людей. И это человеческое качество пока не изменилось. Поэтому надеяться на то, что на этот раз все будет иначе, было бы слишком наивным. Именно поэтому в последние годы появились призывы ограничить процессы развития искусственного интеллекта мерами национального и международного контроля, пока эти процессы еще не зашли слишком далеко и не стали общественно опасными.

Приведенные выше факты свидетельствуют, что *гуманитарный кризис* современного общества становится в настоящее время одной из самых

актуальных проблем глобальной безопасности. Ее решение требует совместных действий стран мирового сообщества, направленных на формирование эффективного цивилизационного партнерства в целях противодействия новым глобальным вызовам и угрозам. Но ведь этого пока не происходит, а деструктивные процессы в гуманитарной сфере общества продолжают быстро нарастать.

Стратегические приоритеты системы образования в XXI веке

Система образования является важнейшим социальным институтом современного общества [17]. Поэтому цели, приоритеты и результаты ее деятельности определяют не только современное состояние общества, но также и его будущее на долгосрочную перспективу. В настоящее время основной целью системы образования во многих странах является подготовка рабочей силы для удовлетворения потребностей рынка труда, которые формирует экономика. Поэтому в содержании и методологии образования доминирует так называемый *компетентностный подход*, который ориентирован на подготовку специалистов узкого профиля, не обладающих фундаментальными знаниями и широким кругозором. В современной ситуации, когда мир стремительно изменяется и становится все более сложным, непредсказуемым и опасным, такой подход уже неприемлем. Он не обеспечивает необходимого уровня интеллектуального и духовного развития личности, что требуется для обеспечения национальной и глобальной безопасности перед лицом новых вызовов и угроз XXI в.

Выше было показано, что самой большой угрозой сегодня является все более реальная возможность уничтожения биологической жизни на нашей планете в результате ядерной войны [18]. Поэтому первейшей задачей системы образования является максимальное содействие предотвращению ядерной катастрофы. А для этого нужно прежде всего изменить *мировоззрение интеллектуальной элиты общества*, которая, в свою очередь, осознав реальность глобальной и общей опасности, должна изменить парадигму дальнейшего развития цивилизации. Целью этого развития должно стать восстановление и важнейших экосистем планеты на основе партнерства цивилизаций в решении этой глобальной проблемы. А это возможно лишь в условиях мирного времени.

Вторая приоритетная задача системы образования состоит в подготовке необходимого количества специалистов, способных предотвратить наступление глобального экологического кризиса. При этом должны быть созданы и использованы такие новые технологии, которые не разрушают естественную

природу. Они уже разрабатываются в некоторых странах, включая Россию, и получили название *природоподобных технологий*. Так, например, в Китае разработаны технологии получения прозрачных для света материалов путем переработки растительной массы бамбука. Предполагается, что они смогут заменить стекло, используемое при строительстве жилых и производственных зданий.

Швейцарские специалисты работают над созданием технологии изготовления аккумуляторов для смартфонов и персональных компьютеров, в которых вместо никеля будет использоваться синтетическое вещество, полученное путем специальной переработки отходов бумаги. Если эти работы будут успешными, то это станет серьезным достижением в решении экологических проблем современности.

Третья приоритетная проблема перспективной системы образования заключается в формировании у людей системных, естественно-научных и гуманитарных знаний, необходимых для обеспечения совместимости процессов их жизнедеятельности с естественной природой. В России эту проблему часто называют *проблемой биосферной совместимости* [19]. Российская Академия архитектуры и строительных наук уже несколько лет издает специализированный научный журнал по этой проблематике.

Суть этой проблемы состоит в том, что человек, который является частью естественной природы, должен жить по ее законам. Это важнейшее правило глобальной безопасности знали еще древние мудрецы. Известно высказывание китайского мудреца Лао Цзы: «Человек следует Земле. Земля следует Небу. Небо следует Дао. Дао следует естеству».

Однако для того, чтобы жить по законам Природы, люди должны эти законы знать. И эту задачу должна решать новая система образования и воспитания. Такие знания должны стать массовыми. Поэтому важнейшей приоритетной задачей науки и образования на ближайшие десятилетия должна стать задача *формирования новой системы просвещения общества в области проблематики биосферной совместимости* [20, 21].

Задача формирования системы Нового Просвещения как необходимого условия глобальной безопасности была поставлена и аргументирована в Юбилейном докладе Римского Клуба, который был опубликован к его 50-летию [22]. К сожалению, содержание этого Доклада не получило необходимого внимания интеллектуальной элиты современного общества, хотя оно вполне заслуживает обсуждения на уровне Генеральной Ассамблеи ООН. Нам представляется, что такое обсуждение остается актуальным и в настоящее время, так как ситуация в этой области продолжает ухудшаться и становится критической.

Новая парадигма развития цивилизации и необходимость радикальных изменений в содержании образования

Современная парадигма развития мировой цивилизации представляет собой концепцию, согласно которой человек считает себя властелином природы. Ее он рассматривает как бесконечный источник ресурсов, необходимых ему для удовлетворения своих потребностей, которые быстро растут и сегодня не ограничены никакими правовыми, моральными и этическими нормами. При сохранении этой парадигмы глобальный экологический кризис и гибель цивилизации являются неизбежными. И это будущее ждет всех жителей нашей планеты. Критическая ситуация быстро нарастает. Поэтому известное высказывание фаворитки короля Франции Людовика XV маркизы де Помпадур: «После нас — хоть потоп!» в качестве нашей дальнейшей жизненной позиции не годится. Ведь по имеющимся прогнозам кризис насупит уже при жизни современного поколения людей. И, тем не менее, эта парадигма развития цивилизации сегодня доминирует во всех странах Запада, где происходит избыточное потребление.

Но в это же время за чертой бедности находятся 800 млн наших современников. И это — глобальная проблема современности, которую мировое сообщество решить не может. Планы ООН по ликвидации бедности к 2030 г. [23] оказались лишь благими намерениями, так как необходимых средств для решения этой проблемы не нашлось, хотя, по оценкам специалистов, для этого достаточно выделить 10 % от расходов на военные цели.

Таковы реалии современного мира, в котором нарастает социальная напряженность, учащаются региональные военные конфликты, увеличиваются потоки беженцев из бедных стран в более обеспеченные страны Запада.

Выводы

1. Новейшая история показала, что в условиях современной парадигмы развития цивилизации научно-технологическая революция не решает проблем сокращения бедности и социально-экономического неравенства, а, наоборот, усиливает уровень расслоения общества. Поэтому у человечества нет иного выбора, кроме радикального изменения этой парадигмы и прежде всего сознания элиты общества, которая должна стать социально ответственной [24]. Решить эту важнейшую проблему современности должна новая система образова-

ния. Педагог, вооруженный системными знаниями и эффективными образовательными технологиями, должен стать центральной фигурой общества. Ведь именно от него сегодня зависит будущее мировой цивилизации.

2. В настоящее время Правительство России разрабатывает новую Стратегию развития системы образования на период до 2036 года. Очень хотелось бы, чтобы в ней нашла свое необходимое отра-

жение и проблематика обеспечения биосферной совместимости человека и природы. Авторам представляется, что это особенно важно для подготовки специалистов строительной отрасли нашей страны. Ведь именно их мировоззрение и практическая деятельность в значительной мере будут определять и облик, и качество той новой среды обитания, в которой многие годы будут жить и работать граждане будущей России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тоффлер Э. Шок будущего. М. : Изд-во АСТ, 2001. 560 с.
2. Колин К.К. Глобальные угрозы развитию цивилизации в XXI веке // Стратегические приоритеты. 2014. № 1. С. 6–30. EDN TWOJWD.
3. Капица С.П. Общая теория роста человечества. М. : Наука, 1999. 190 с.
4. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Россия: XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука. М. : ЛЕНАНД, 2024. 304 с.
5. Колин К.К. Информационная антропология: поколение NEXT и новая угроза психологического расслоения человечества в информационном обществе // Вестник Челябинской государственной академии культуры и искусств. 2011. № 4. С. 32–36.
6. Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее. Последствия биотехнологической революции. М. : Изд-во АСТ, 2004. 349 с.
7. Колин К.К. Предотвратить новую мировую войну — главная задача человечества в XXI веке // Стратегические приоритеты. 2017. № 2 (14). С. 72–92. EDN ZFIXVR.
8. Тарко А.М. Моделирование последствий атомной войны как сдерживающий фактор потенциальных агрессоров // Стратегические приоритеты. 2017. № 4 (16). С. 34–51. EDN YMKDJA.
9. Колин К.К. Глобальная безопасность и приоритеты действий ООН на ближайшее десятилетие // Стратегические приоритеты. 2020. № 1–2. С. 72–92. EDN HPUVWS.
10. Колин К.К. Экологическая безопасность как комплексная проблема: информационные и биоэнергетические аспекты экологической культуры общества // Вестник Международной академии наук (Русская секция). 2022. № S1–1. С. 18–24.
11. Гаряев П.П. Волновой генетический код. М. : ИПУ РАН, 1997. 108 с.
12. Дашикевич В.С. Великое культурное одичание: арт-анализ. М. : Изд-во Russian Chess House, 2013. 720 с.
13. Гроф С., Ласло Э., Рассел П. Революция сознания: Трансатлантический диалог. М. : Изд-во АСТ, 2004. 248 с.
14. Колин К.К. Системный кризис культуры: структура и содержание проблемы // Стратегические приоритеты. 2014. № 3. С. 6–26. EDN TWOEAF.
15. Колин К.К. Новый этап развития искусственного интеллекта: национальные стратегии, тенденции и прогнозы // Стратегические приоритеты. 2019. № 2 (22). С. 4–12. EDN XPQIDF.
16. Колин К.К. Интеллектуальная безопасность — новая глобальная проблема XXI века // Стратегические приоритеты. 2018. № 3–4 (23–24). С. 99–111. EDN AEAWVO.
17. Колин К.К. Концептуальные основы стратегии образования в веке // Стратегические приоритеты. 2018. № 2 (18). С. 119–135.
18. Колин К.К. Предотвратить новую мировую войну — главная задача человечества в XXI веке // Стратегические приоритеты. 2017. № 2 (14). С. 4–8. EDN ZFIXVR.
19. Ильичев В.А. Биосферная совместимость: Технология внедрения инноваций. Города, развивающие человека. М. : URSS, 2011. 240 с.
20. Ильичев В.А. Служение планете Земля — биосфера, город и человек // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 1 (45). С. 2–15. DOI: 10.21869/2311-1518-2024-45-1-2-15
21. Колин К.К. Биосфера и город: гуманитарные аспекты комплексной проблемы развития России // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 3 (35). С. 23–35. EDN ASIIMB. DOI: 10.21869/2311-1518-2020-35-3-23-35
22. Weizsacker E., Wijkman A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and Destruction of the Planet. Springer. 2018. 220 p. DOI: 10.1007/978-1-4939-7419-1
23. Колин К.К. Половинчатая стратегия: критический анализ новой стратегии ООН в области устойчивого развития // Партнерство цивилизаций. 2016. № 1–2. С. 31–42. EDN XGBWKR.
24. Колин К.К. Человечество на переломе: проблема выбора целей и стратегии глобального развития // Знание. Понимание. Умение. 2022. № 3. С. 33–49. DOI: 10.17805/zpu.2022.3.4

Об авторе: **Константин Константинович Колин** — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник; **Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН**; 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44; РИНЦ ID: 71616; e-mail: kolinkk@mail.ru.

REFERENCES

1. Toffler E. *Shock of the future*. Moscow, Publishing house AST, 2001; 560. (rus.).
2. Kolin K.K. Global threats to the development of civilization in the XXI century. *Strategic priorities*. 2014; 1:6-30. EDN TWOJWD. (rus.).
3. Kapitsa S.P. *General theory of human growth*. Moscow, Nauka, 1999; 190. (rus.).
4. Ivanov V.V., Malinetsky G.G. *Russia: XXI century. A breakthrough strategy. Technologies. Education. Nauka*. Moscow, LENAND, 2024; 304. (rus.).
5. Kolin K.K. Information anthropology: the NEXT generation and the new threat of the psychological stratification of mankind in the information society. *Bulletin of the Chelyabinsk State Academy of Culture and Arts*. 2011; 4:32-36. (rus.).
6. Fukuyama F. *Our posthuman future. The consequences of the biotechnological revolution*. Moscow, Publishing house AST, 2004; 349. (rus.).
7. Colin K.K. Preventing a new world war is the main task of mankind in the XXI century. *Strategic priorities*. 2017; 2(14):72-92. EDN ZFIXVR. (rus.).
8. Tarko A.M. Modeling the consequences of atomic war as a deterrent to potential aggressors. *Strategic priorities*. 2017; 4(16):34-51. EDN YMKDJA. (rus.).
9. Colin K.K. Global security and priorities of UN action for the next decade. *Strategic priorities*. 2020; 1-2:72-92. EDN HPUVWS. (rus.).
10. Kolin K.K. Environmental safety as a complex problem: information and bioenergetic aspects of the ecological culture of society. *Bulletin of the International Academy of Sciences (Russian section)*. 2022; S1-1:18-24. (rus.).
11. Garyaev P.P. *Wave genetic code*. Moscow, IPU RAS, 1997; 108. (rus.).
12. Dashkevich V.S. *The Great cultural savagery: art analysis*. Moscow, Publishing house Russian Chess House. 2013; 720. (rus.).
13. Grof S., Laszlo E., Russell P. *Revolution of consciousness: Transatlantic dialogue*. Moscow, Publishing house AST, 2004; 248.
14. Kolin K.K. Systemic crisis of culture: structure and content of the problem. *Strategic priorities*. 2014; 3:6-26. EDN TWOEAF. (rus.).
15. Kolin K.K. A new stage in the development of artificial intelligence: national strategies, trends and forecasts. *Strategic priorities*. 2019; 2(22):4-12. EDN XPQIDF. (rus.).
16. Colin K.K. Intellectual security is a new global problem of the XXI century. *Strategic priorities*. 2019; 3-4(23-24): 99-111. EDN AEAWVO. (rus.).
17. Kolin K.K. Conceptual foundations of education strategy in the century. *Strategic priorities*. 2018; 2(18):119-135. (rus.).
18. Colin K.K. Preventing a new world war is the main task of mankind in the XXI century. *Strategic priorities*. 2017; 2(14):4-8. EDN ZFIXVR. (rus.).
19. Ilyichev V.A. *Biosphere compatibility: Technology of innovation implementation. Cities that develop people*. Moscow, URSS, 2011; 240. (rus.).
20. Ilyichev V.A. Service to planet Earth — biosphere, city and man. *Biosphere compatibility: man, region, technology*. 2024; 1(45):2-15. DOI: 10.21869/2311-1518-2024-45-1-2-15 (rus.).
21. Kolin K.K. Biosphere and the city: humanitarian aspects of the complex problem of Russia's development. *Biosphere compatibility: man, Region, technology*. 2021; 3(35):23-35. EDN ASIIMB. DOI: 10.21869/2311-1518-2020-35-3-23-35 (rus.).
22. Weizsacker E., Wijkman A. *Come On! Capitalism, Short-termism, Population and Destruction of the Planet*. Springer. 2018; 220. DOI: 10.1007/978-1-4939-7419-1
23. Colin K.K. The Half-hearted Strategy: a critical analysis of the new UN Strategy for sustainable development. *Partnership of civilizations*. 2016; 1-2:31-42. EDN XGBWKR. (rus.).
24. Kolin K.K. Humanity at a turning point: the problem of choosing goals and strategies for global development. *Knowledge. Understanding. Ability*. 2022; 3:33-49. DOI: 10.17805/zpu.2022.3.4

About the author: **Konstantin K. Kolin** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Chief Researcher of the Federal Research Center “Computer Science and Control”; **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: 7116; e-mail: kolinkk@mail.ru.

Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 12–19.

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 711:72:626:504.75

DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.12-19

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ И ПОСЕЛЕНИЙ И БИОСФЕРНЫЕ РЕСУРСЫ ТЕРРИТОРИИ (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕЙ ВОЛГИ И ДОНА). ЧАСТЬ 1

Галина Александровна Птичникова^{1,2}

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ);
г. Москва, Российская Федерация;

² Филиал «ЦНИИП Минстроя России» Научно-исследовательский институт теории и истории
архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ); г. Москва, Российская Федерация

В первой части статьи раскрываются проблемы негативного воздействия различных аспектов техногенной нагрузки, в частности гидроэнергетического строительства, на биосферные ресурсы региона Нижней Волги и Дона. В качестве объектов исследования выбраны территории Волго-Ахтубинской поймы и поймы Нижнего Дона, которые имеют высокое природное и экологическое значение. В числе наиболее тяжелых проблем региона — нарушение экологии речных систем, уменьшение уровня воды в реках Волга и Дон, затопление плодородных сельскохозяйственных земель, уменьшение рыбного промысла. Автор указывает источники техногенного воздействия, в числе которых наличие большого количества гидроэлектростанций (Волжско-Камский каскад на Волге и Цимлянская ГЭС на Дону), создание водохранилищ, строительство АЭС.

В статье определены особенности разработанных к настоящему времени проектов по уменьшению воздействия гидроэнергетических объектов на природные пойменные комплексы и обводнению рек. Для обводнения Волго-Ахтубинской поймы разработан проект комплекса гидротехнических сооружений на Ахтубе, для улучшения судоходства на Дону предложен проект Багаевского гидроузла. Представлены как плюсы, так и минусы этих проектов. Критика относится к возможным негативным последствиям реализации строительства, заключающимся в нарушениях естественного цикла функционирования речных систем. Сделан вывод, что необходимы экологически обоснованные методы и в целом изменение идеологии для поддержания жизнеспособности биосферы, обеспечивающей жизнь и развитие человека.

Во второй части статьи анализируются последствия градостроительного освоения пойменных территорий южных мегаполисов: Волгограда и Ростова-на-Дону, где идет активное высотное жилищное строительство и рекреационное развитие.

Ключевые слова: техногенная нагрузка, гидроэнергетические объекты, проекты обводнения рек, биосферные ресурсы территории, города, поселения, природный комплекс, Нижнее Поволжье, Нижний Дон

Для цитирования: Птичникова Г.А. Проблемы развития городов и поселений и биосферные ресурсы территории (на примере Нижней Волги и Дона). Часть 1 // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 12–19. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.12-19

PROBLEMS OF CITIES AND SETTLEMENTS DEVELOPMENT AND BIOSPHERE RESOURCES OF THE TERRITORY (ON THE EXAMPLE OF THE LOWER VOLGA AND DON). PART 1

Galina A. Ptichnikova^{1,2}

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation;

² Federal State Budgetary Institution “TsNIIP of the Ministry of Construction of Russian Federation”, Research
Institute of Theory and History of Architecture and Urban Development (NIITIAG); Moscow, Russian Federation

The first part of the article reveals the problems of the negative impact of various aspects of man-made load, in particular hydropower construction, on the biosphere resources of the Lower Volga and Don region. The objects of study are the territories of the Volga-Akh tuba floodplain and the Lower Don floodplain, which have high natural and ecological significance. Among the most serious problems of the region are the violation of the ecology of river systems, the decrease in the water level in the Volga and Don rivers, the flooding of fertile agricultural lands, and the reduction of fisheries. The author indicates the sources of man-made impact, including the presence of a large number of hydroelectric power plants (the Volga-Kama cascade on the Volga and the Tsimlyansk hydroelectric power station on the Don), the creation of reservoirs, and the construction of nuclear power plants.

The article defines the features of the projects developed to date to reduce the impact of hydroelectric facilities on natural floodplain complexes and flooding of rivers. To irrigate the Volga-Akh tuba floodplain, a project for a complex of hydraulic structures on the Akhtuba

has been developed; to improve navigation on the Don, a project for the Bagaevsky hydroelectric complex has been proposed. Both the pros and cons of these projects are presented. Criticism relates to the possible negative consequences of the construction, which consist in disruptions to the natural cycle of the functioning of river systems. It is concluded that environmentally sound methods and, in general, a change in ideology are needed to maintain the viability of the biosphere, which ensures human life and development. The second part of the article analyzes the consequences of urban development of floodplain areas in the southern megalopolises of Volgograd and Rostov-on-Don, where active high-rise housing construction and recreational development are underway.

Keywords: man-made load, hydropower facilities, river irrigation projects, biosphere resources of the territory, cities, settlements, natural complex, Lower Volga region, Lower Don

For citation: Ptichnikova G.A. Problems of cities and settlements development and biosphere resources of the territory (on the example of the Lower Volga and Don). Part 1. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2025; 1:12-19. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.12-19 (rus.).

Введение

Техногенное и градостроительное воздействие на биосферные ресурсы природных территорий является актуальной проблемой современности [1]. Особую обеспокоенность в нашей стране вызывает деградация пойменных и приречных территорий, относящихся к двум наиболее известным речным системам европейской части России: Волги и Дона. Эти две главные реки юга России протекают почти параллельно, однако впадают в разные моря: Волга — в Каспийское, Дон — в Азовское. Эти реки не являются единой речной системой, но тем не менее связаны. Примерно на 48° с. ш. реки подходят близко друг к другу, образуя перешеек около 60 км шириной, и именно в этом месте в 1952 г. они были соединены Волго-Донским судоходным каналом. В настоящее время Волго-Донской путь является самой загруженной частью единой глубоководной системы европейской части России и имеет особое значение в системе широтных и меридиональных международных транспортных коридоров (рис. 1).

В рамках настоящей статьи ставится проблема исследования последствий и рисков, которые несет собой техногенное освоение природных пойменных территорий в регионах Нижнего Поволжья и Нижнего Дона в Южном федеральном округе РФ.

Объектом исследования авторов являются Волго-Ахтубинская пойма и пойма Нижнего Дона, которые имеют высокое природное и экологическое значение. Волго-Ахтубинская пойма — это территория между реками Волгой и Ахтубой, переходящая в Волжскую дельту. Размеры ее составляют 450 км в длину и от 5 до 15 км в ширину. Пойма Нижнего Дона протяженностью 240 км и шириной около 20 км начинается ниже плотины Цимлянского водохранилища. Водно-болотные угодья поймы как Нижнего Дона, так и Волго-Ахтубинской поймы имеют международное значение и внесены в перечень Конвенции водно-болотных угодий в качестве места обитания водоплавающих птиц (Рамсарская конвенция). В 2011 г. решением ЮНЕСКО Волго-Ахтубинская пойма была включена в международную сеть биосферных заповедников.

Общей характеристикой обеих пойменных территорий является их высокое природно-экологиче-

ское значение для южных городов-мегаполисов — Волгограда, Астрахани и Ростова-на-Дону, и как источник свежего воздуха, и как рекреационный ресурс [2, 3]. Для Волгограда и Астрахани это и ценный сельскохозяйственный ресурс — «всероссийский огород», место фермерских хозяйств по производству овощей. Как Волго-Ахтубинская пойма, так и пойма Дона в значительной мере определяют рыбные ресурсы, так как здесь многие виды рыб размножаются, зимуют и идут на нерест. Среди встречающихся растений и животных многие являются ценными, редкими и исчезающими видами, внесенными в Красную книгу [3].

Негативное техногенное воздействие на биосферные ресурсы региона

В числе наиболее тревожных проблем речных систем Волги и Дона следует назвать уменьшение уровня воды или обмеление рек. Во-многом причиной этих процессов стало строительство гидротехнических объектов и неудовлетворительное регулирование стока¹. Как пишет академик РААСН В.М. Шубенков, именно строительство ГЭС явилось «причиной нарушения сложившейся экологической системы рек, гидрологии ландшафтов, уничтожения исторических поселений. Водохранилища вырабатывают свой физический и моральный срок, их поддержка становится нерентабельной экономически и разрушительной экологически» [4]. Эти проблемы характерны не только для нашей страны, но и зарубежное научное сообщество обеспокоено теми потерями, источником которых выступают гидроэнергетические сооружения² [5–7].

¹ Вместе с тем отметим, что некоторые эксперты считают, что понижение уровня водохранилищ — естественный процесс, связанный с изменением климата и глобальным потеплением, и ситуацию можно скорректировать, отрегулировав и перераспределив сток воды.

² Dhadse S., Kardbhajne A. Biodiversity Loss Due to Construction of Dams and Hydropower Projects and Its Impact on Aquatic Ecosystems // Impact of Societal Development and Infrastructure on Biodiversity Decline. IGI Global Scientific Publishing. 2024. URL: <https://www.igi-global.com/chapter/biodiversity-loss-due-to-construction-of-dams-and-hydropower-projects-and-its-impact-on-aquatic-ecosystems/348943> DOI: 10.4018/979-8-3693-6950-0 (дата обращения: 04.12.24).

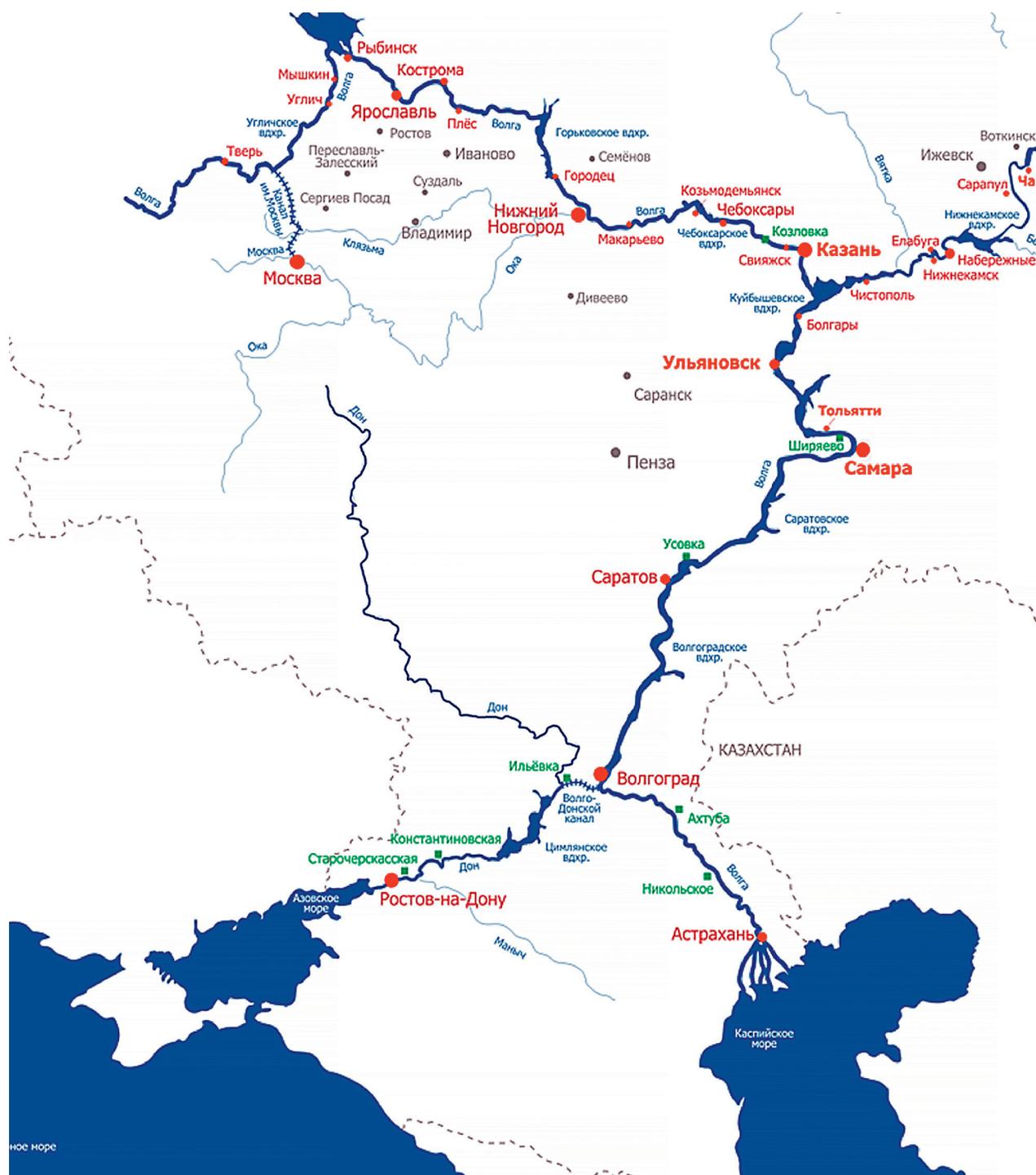


Рис. 1. Схема Волго-Донского пути на европейской части России

Проблемы с водообеспечением Волги начались с зарегулированием стока после строительства Волжско-Камского каскада ГЭС [8]. Сегодня обеспеченность Нижней Волги водой целиком зависит от того, сколько ее спустят с верховьев через весь каскад водохранилищ. Территория Волго-Ахтубинской поймы в Волгоградской и Астраханской областях десятилетиями недополучает влаги. Постоянно происходит сокращение объема и продолжительности паводка, смещение его во времени, наруше-

ние температурного режима [9]. Катастрофическая ситуация с природным комплексом поймы произошла весной 2006 г. В этот год из-за крайне низкого и непродолжительного паводка вода затопила не более 30 % территории поймы и не успела насытить почву и грунтовые воды. В 2015, 2019, 2020–2024-х гг. ситуация повторялась и усугублялась. Регулирование стока реки Волги каскадом водохранилищ, осуществляемое без учета ценностей Волго-Ахтубинской поймы, ее природного разнообразия, при-

вело к серьезным изменениям режима ее затопления, нарушению структуры ландшафтов, видового состава и продуктивности ключевых экосистем [10].

Похожие проблемы сложились у пойменных территорий Дона. Большой удар природной системе был нанесен строительством Цимлянского водохранилища на реке Дон в Сталинградской и Ростовской областях, заполнение которого произошло в 1952–1953 гг. Основными целями строительства ГЭС явилось обеспечение крупнотоннажного судоходства на Нижнем Дону как части реализации проекта Волго-Донского водного пути и выработки электроэнергии.

Под Цимлянским водохранилищем была затоплена территория общей площадью 263,6 тыс. га. В том числе усадьбы и огороды, а также земли сельскохозяйственного назначения (сады и виноградники, сенокосы, выгоны). В зону затопления попали 164 сельских населенных пункта (в основном станицы и хутора Первого и Второго Донских округов) и частично территория города Калач-на-Дону [11]. Как отмечают специалисты, Цимлянская плотина «только одной рыбе нанесла ущерб больший, нежели все доходы от нее вместе взятые, и разрушившей чистоту здоровье экосистемы Дона»³. Рыбопроductивность Цимлянского моря упала с 14 тысяч тонн до тысячи за последние 20 лет. Для его создания были уничтожены некогда знаменитые на весь мир цимлянские виноградники и винное производство. В зону затопления водохранилища попал исторический памятник — хазарский город-крепость Саркел и множество других археологических памятников. Из числа экологических последствий также называем увеличение безвозвратных потерь на испарение с зеркала Цимлянского водохранилища, что внесло свой вклад в снижение речного стока в Азовское море и увеличение его солености [12]. Нормативный срок жизни водохранилища уже превышен в полтора раза. Еще в 1990-х гг. комиссия по экологии ставила вопрос о необходимости ликвидации его, санобработки и рекультивации. Но тем не менее проекты по ликвидации Цимлянского водохранилища так и не было разработано.

В настоящее время водохозяйственная обстановка в бассейне реки характеризуется как напряженная и обусловлена пониженной водностью, начиная с начала XXI в. Река снабжает водой промышленные предприятия, тепловые и атомные электростанции (Ростовская АЭС и Нововоронежская АЭС), сельскохозяйственные угодья, также из Дона осуществляется коммунально-бытовое водоснаб-

жение потребителей в населенных пунктах, в том числе двух городах-миллионниках — Ростове-на-Дону и Воронеже. После ввода шестого и седьмого энергоблоков Нововоронежской АЭС в 2016 и 2019 гг. маловодье в Дону усилилось. В качестве примера приведем такой факт. В 2020 г. «Нововоронежская атомная станция» взяла в пользование участок реки Дон, чтобы изымать воду «для технологических целей», а именно: для производства энергии до 2025 г. Речь идет о водохозяйственном участке реки Дон от Задонска (Липецкая область) до Лисок (Воронежская область). Каждый год станция забирает около 200 млн куб. м воды.

Таким образом, постройка водохранилищ и гидроэлектростанций существенно меняет естественный сток рек, что может приводить к снижению уровня воды ниже по течению. В целом обмеление Волги и Дона затрагивает жизни более 8 млн человек, проживающих в исследуемых регионах.

Проекты по обводнению пойменных территорий

Для решения проблем с обмелением Дона и ухудшением в этой связи судоходства был разработан проект строительства Багаевского гидроузла. Целью создания этого гидроузла стало улучшение условий для прохождения судов в составе Единой глубоководной системы европейской части страны. А именно планировалось увеличение глубины Дона до 4 м, обеспечение габаритов водного пути (до 80 м шириной) для развития речных перевозок, а также улучшение водоснабжения населения. Проектирование гидроузла началось в 2016 г., проект вошел в «Стратегию развития внутреннего водного транспорта РФ до 2030 г.». Справедливости ради отметим, что планирование этого объекта обсуждалось еще в советский период, но проектирование было остановлено как по причине недостатка финансирования, так и из-за экологических угроз речной системе Нижнего Дона. В рамках утвержденного проекта гидроузла включает в себя множество объектов: судоходный шлюз, водосборную плотину, рыбопропускной шлюз, рыбо-нерестовый канал, участки подходного канала и другие объекты (рис. 2).

Вместе с тем разработка проекта и его начавшаяся в 2018 г. строительство сопровождалось серьезной критикой, в частности основной упор делался на то, что проблему маловодья этот гидроузел не решит³. Так, например, эксперт комитета по экологии Госдумы РФ В. Лагутов заявляет: «Багаевский гидроузел — это проект, который не имеет никакого отношения к науке. Все сообщество возмущено. На восстановление экологии он тоже не направлен.

³ Никитин Н. Академик РАН Матишов назвал строительство Багаевского гидроузла в Ростовской области ошибкой. URL: https://bloknot-rostov.ru/news/akademik-ran-matishov-nazval-stroitelstvo-bagaevsk-1403613?sphrase_id=2254328 (дата обращения: 04.12.24).

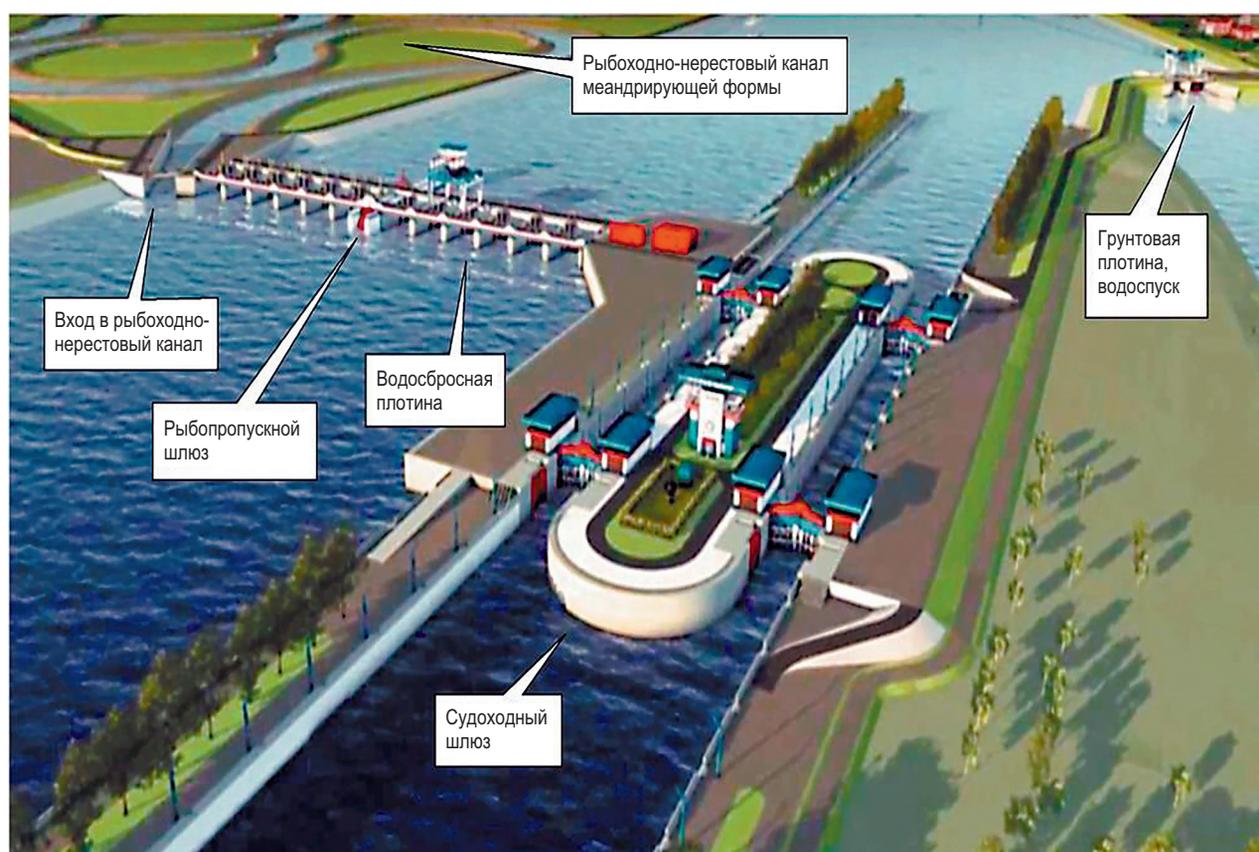


Рис. 2. Схема Багаевского гидроузла и его основных объектов

Задача гидроузла — обеспечить проход торговых судов, а не препятствовать обмелению Дона. То есть это сугубо экономический проект. Гидроузел должен обеспечить выход кораблей в Азовское море»⁴.

Критики утверждали, что строительство сооружения, так же как строительство Цимлянской ГЭС, повлечет за собой необоснованное затопление сельскохозяйственных земель. В числе других возможных негативных последствий — уничтожение рыбоводных заводов на Дону в связи с изменением скорости течения, снижение самоочищающейся способности реки, ухудшение качества питьевой воды, подъем подземных вод и регулярное затопление домов местных жителей^{3, 4}.

На декабрь 2024 г. строительство Багаевского гидроузла не завершено, выполнены основные объемы первого пускового этапа, полная реализация планируется в конце 2025 г.

Представим проект обводнения Волго-Ахтубинской поймы. В настоящее время Институтом Гидропроект им. С.Я. Жука разработана концепция обводнения Волго-Ахтубинской поймы за счет строительства специального комплекса гидротех-

нических сооружений (ГТС), которая была поддержана на федеральном уровне (рис. 3).

В чем суть проекта? Особенность территории поймы в том, что уровень воды Ахтубы расположен выше уровня воды в Волге. Таким образом, Ахтуба является главным водным трактом для увлажнения поймы. Именно ее воды задерживаются по левостороннему, наиболее обширному пространству поймы, почти не соединяясь с Волгой. В этой связи главная идея проекта заключается в том, что предлагается строительство специального канала, который будет осуществлять переброску воды напрямую из Волгоградского водохранилища в Ахтубу. Параметры канала довольно большие: протяженность 32 км, глубина 12 и ширина 100 м. Также в составе этого комплекса планируется строительство двух шлюзов-регуляторов, четырех переливных плотин, насосной станции и ГЭС, которая, как планируется, компенсирует затраты по эксплуатации комплекса.

В результате Ахтуба будет преобразована в лиман, в котором также предполагается регулирование уровня воды. Авторы проекта утверждают, что строительство этого комплекса решит вопрос с обводнением поймы и создаст дополнительные стимулы для развития сельского хозяйства, а также позволит организовать новые рекреационные зоны.

⁴ Бабичева И. Противоречивый проект. Багаевский гидроузел откладывается и растет в цене // «ФедералПресс». 19 августа 2020 г. URL: <https://fedpress.ru/article/2561112> (дата обращения: 04.12.24).

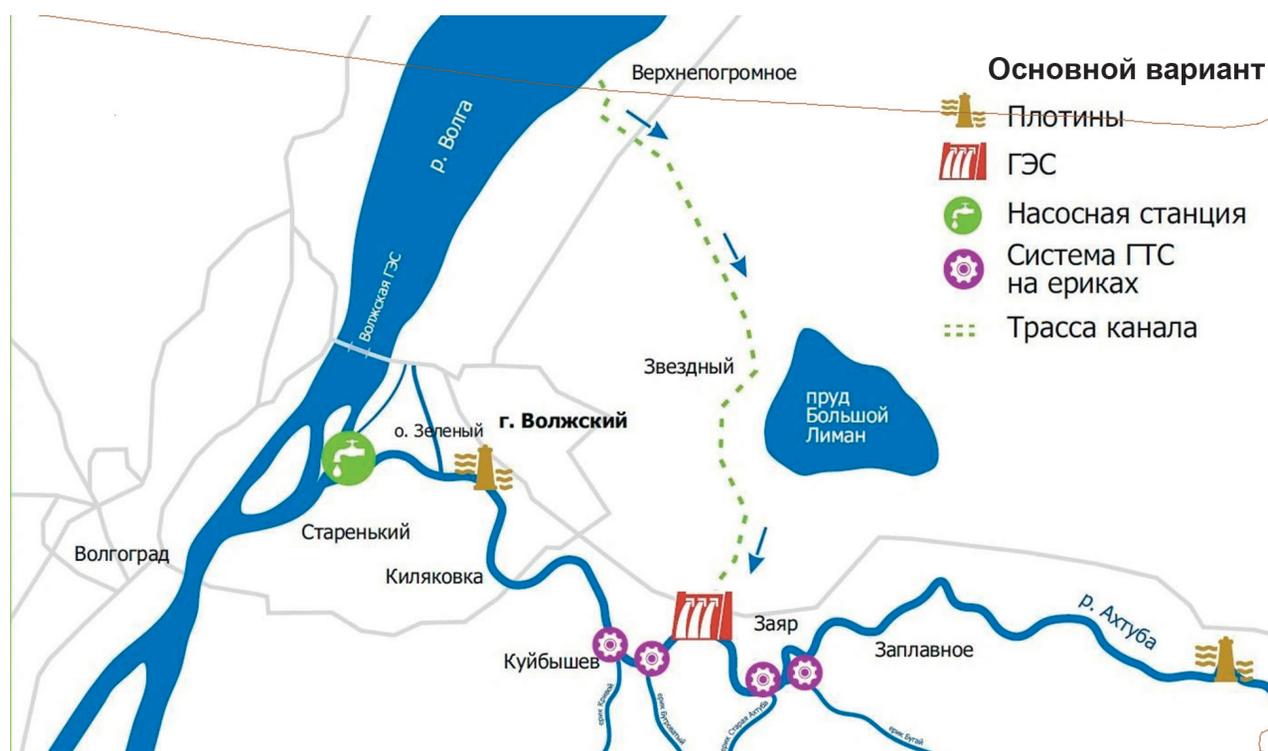


Рис. 3. Схема комплекса гидротехнических сооружений для обводнения Волго-Ахтубинской поймы

Вместе с тем встает вопрос о последствиях реализации этого проекта. Не усложнится ли ситуация со строительством еще одной ГЭС? Логично предположить, что если вода из водохранилища направится в Ахтубу, то меньше воды будет поступать в Волгу. Местные специалисты-экологи утверждают, что любое технократическое вмешательство в уже нарушенную экосистему реки грозит непредсказуемыми негативными последствиями.

Во-первых, функционирование предлагаемого комплекса нарушает естественный цикл жизни рек. Летом вода из поймы должна не закачиваться насосами, а уходить обратно в Волгу и Ахтубу, одновременно насыщая подпочвенные водоносные горизонты.

Во-вторых, в условиях жаркого климата 30-километровый непроточный участок-лиман на Ахтубе может превратиться в длинный пруд с цветущей и гниющей водой и крутыми заросшими берегами.

В-третьих, есть предположение, что в результате реализации этого проекта город Волжский может испытать неблагоприятные экологические последствия: заболачивание и подмыв берегов, распространение тростника и камыша, затопление имеющихся пляжей. Течение в канале предусмотрено только поверхностное, поэтому постоянного обновления воды не будет. В результате начнут развиваться сине-зеленые водоросли и ухудшится качество воды.

Но несмотря на эти сомнения, в рамках Дней экологии на масштабной выставке-форуме «Россия» в Москве в 2024 г. на стенде Волгоградской обла-

сти был представлен 3D-макет комплекса гидротехнических сооружений, демонстрирующий планы дополнительного обводнения реки Ахтубы и Волго-Ахтубинской поймы. Посетители выставки могли не только рассмотреть этот сложный инженерный объект, но и попробовать управлять предложенным комплексом гидротехнических сооружений. Для этого было разработано специальное приложение, которое позволяет проецировать на голографическую поверхность сенсорного стола 3D-изображение. При нажатии на сенсорные кнопки разворачивалась объемная картина, которая позволяла увидеть работу комплекса и оценить влияние каждого его объекта на подачу воды в основные водотоки Волго-Ахтубинской поймы и изменение ее ландшафта. Иными словами, предложен технократический способ решения проблемы сложного природного комплекса региона, которая была вызвана подобным же техногенным вмешательством [13].

Заключение

За последние 25 лет с начала XXI в. наблюдается только усиление антропогенного и техногенного воздействия на природные комплексы речных систем Нижней Волги и Дона, нарастание потребления биосферных ресурсов территории. Происходит:

- обмеление рек и уменьшение объема весеннего половодья и его продолжительности;
- изменение условий формирования качества воды и ухудшение этого качества;

- в целом дефицит воды для населения (ни один город и ни один районный центр в регионах не имеет резерва питьевой воды на случай чрезвычайной ситуации);
- нарушение биоразнообразия сообществ;
- негативное воздействие на хозяйственный комплекс (вымораживание через грунтовые воды почвы — ухудшение условий для бахчеводства; осуходоливание (обезвоживание) пойменных земель);
- уменьшение рыбных запасов.

Новые мега-проекты — Багаевский гидроузел на Дону в Ростовской области и комплекс ГТС Волго-Ахтубинской поймы в Волгоградской, провозглаша-

ющие своей целью решение проблем с обмелением рек и улучшением экологической ситуации, вряд ли смогут улучшить ситуацию в регионе. В данном случае подход «*Similia similibus curantur*» или «*Подобное излечивается подобным*», а именно исправление негативного техногенного воздействия на биосферные ресурсы территории строительством гидротехнических же объектов, не сработает. Нужны другие, экологически обоснованные методы и комплекс идей, практических решений и нормативных положений для поддержания жизнеспособности биосферы, обеспечивающей жизнь и развитие человека.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ильичев В.А., Емельянов С.Г., Колчунов В.И., Гордон В.А., Бакаева Н.В. Принципы преобразования города в биосферосовместимый и развивающий человека : монография. М. : АСВ, 2015. 184 с. EDN UCEOYP.
2. Птичникова Г.А. Проблемы устойчивого развития городов и поселений с учетом факторов глобального негативного воздействия объектов гидроэнергетики на биосферные ресурсы территории (на примере Нижнего Поволжья) // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2013. № 4 (4). С. 87–94. EDN SJSKOP.
3. Анализ экологических последствий эксплуатации Волгоградского водохранилища для сохранения биоразнообразия основных водно-болотных территорий Нижней Волги. Сохранение биоразнообразия водно-болотных угодий Нижней Волги : Отчет по Проекту ПРООН/ГЭФ 00047701. М., 2010. 675 с.
4. Шубенков М.В. Восстановление затопленных природных и культурно-исторических территорий Верхней Волги // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 1 (45). С. 25–36.
5. Bradford M.J. Assessment and management of effects of large hydropower projects on aquatic ecosystems in British Columbia, Canada // Hydrobiologia. 2022. Vol. 849. Pp. 443–459. DOI: 10.1007/s10750-020-04362-3
6. Mohammed M., Habtamu T., Hussein A. Environmental Impacts of Hydropower and Alternative Mitigation Measures // Current Investigations in Agriculture and Current Research. 2018. No. 2 (2). URL: https://www.researchgate.net/publication/329301735_Environmental_Impacts_of_Hydropower_and_Alternative_Mitigation_Measures DOI: 10.32474/CIACR.2018.02.000133
7. Kirmani F., Pal A., Mudgal A., Shrestha A., Siddiqui A. Advantages and Disadvantages of Hydroelectric Power Plant // International Journal of Innovative Science and Research Technology. 2021. Vol. 6. Issue 7. Pp. 715–718.
8. Левит-Гуревич Л.К. Водохозяйственные проблемы Нижней Волги // Экономические и территориальные аспекты управления водохозяйственным комплексом России. М. : РАСХН, 2013. С. 188–214.
9. Шумова Н.А. Изменение экологически значимых параметров гидрологического режима Нижней Волги при зарегулировании стока // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 3 (60). С. 33–47.
10. Балюк Т.В. Последствия изменения длительности и обеспеченности паводкового заливания Волго-Ахтубинской поймы после создания Волгоградского водохранилища для растительности // Оценка влияния изменения режима вод суши на наземные экосистемы. М. : Наука, 2005. С. 176–193.
11. Матишов Г.Г. Переселение жителей казачьих станиц из зоны затопления Цимлянского водохранилища: культурологический и социально-экономический аспекты // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 2. С. 97–107. DOI: 10.7868/S25000640190210
12. Гетманенко В.А., Губанов Е.П., Изергин Л.В. Оценка влияния зарегулирования рек на сохранение и воспроизводство ресурсов Азовского моря // Труды ЮгНИРО. 2010. Т. 48. С. 52–58. EDN VQGPLP.
13. Ильичев В.А. Служение планете Земля — Биосфера, город и человек // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 1 (45). С. 2–15. DOI: 10.21869/2311-1518-2024-45-1-2-15

Об авторе: Галина Александровна Птичникова — доктор архитектуры, профессор, академик РААСН; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; Филиал «ЦНИИП Минстроя России» Научно-исследовательский институт теории и истории архитектуры и градостроительства (НИИТИАГ); 111024, г. Москва, ул. Душинская, д. 9; e-mail: ptichnikova_g@mail.ru.

REFERENCES

1. Ilyichev V.A., Emelianov S.G., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Bakaeva N.V. Principles of transforming a city into a biosphere-compatible and human-developing one. *Scientific monograph*. Moscow, ASV Publishing House, 2015; 184. EDN UCEOYP. (rus.).
2. Ptichnikova G.A. Problems of sustainable development of cities and settlements taking into account the factors of global negative impact of hydropower facilities on the biosphere resources of the territory (on the example of the Lower Volga region). *Biosphere compatibility: man, region, technology*. 2013; 4(4):87-94. EDN SJSKOP. (rus.).
3. Analysis of the environmental consequences of the operation of the Volgograd Reservoir for the conservation of biodiversity of the main wetland areas of the Lower Volga. *Conservation of Biodiversity of Wetlands of the Lower Volga : Report on UNDP/GEF Project 00047701*. Moscow, 2010; 675. (rus.).
4. Shubenkov M.V. Restoration of Flooded Natural and Cultural-Historical Territories of the Upper Volga. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 1(45):25-36. (rus.).
5. Bradford M.J. Assessment and management of effects of large hydropower projects on aquatic ecosystems in British Columbia, Canada. *Hydrobiologia*. 2022; 849:443-459. DOI: 10.1007/s10750-020-04362-3
6. Mohammed M., Habtamu T., Hussein A. Environmental Impacts of Hydropower and Alternative Mitigation Measures. *Current Investigations in Agriculture and Current Research*. 2018; 2(2). URL: https://www.researchgate.net/publication/329301735_Environmental_Impacts_of_Hydropower_and_Alternative_Mitigation_Measures DOI: 10.32474/CIACR.2018.02.000133
7. Kirmani F., Pal A., Mudgal A., Shrestha A., Siddiqui A. Advantages and Disadvantages of Hydroelectric Power Plant. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. 2021; 6(7):715-718.
8. Levit-Gurevich L.K. Water management problems of the Lower Volga. *Economic and territorial aspects of managing the water management complex of Russia*. Moscow, Russian Academy of Agricultural Sciences, 2013; 188-214. (rus.).
9. Shumova N.A. Changes in ecologically significant parameters of the hydrological regime of the lower Volga during flow regulation. *Arid ecosystems*. 2014; 20(60):33-47. (rus.).
10. Balyuk T.V. Consequences of changes in the duration and probability of flood inundation of the Volga–Akhtuba floodplain after the creation of the Volgograd reservoir for vegetation. *Assessment of the impact of changes in the land water regime on terrestrial ecosystems*. Moscow, Nauka Press, 2005; 176-193. (rus.).
11. Matishov G.G. Resettlement of residents of Cossack villages from the flood zone of the Tsimlyansk reservoir: cultural and socio-economic aspects. *Science of the South of Russia*. 2019; 15(2):97-107. DOI: 10.7868/S25000640190210 (rus.).
12. Getmanenko V.A., Gubanov E.P., Izergin L.V. Assessing the Impact of River Regulation on the Conservation and Reproduction of the Azov Sea Resources. *Proceedings of YugNIRO*. 2010; 48:52-58. EDN VQGPLP. (rus.).
13. Ilyichev V.A. Serving Planet Earth — Biosphere, City and Man. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2024; 1(45):2-15. (rus.).

About the author: **Galina A. Ptichnikova** — Dr., Prof., Academician of RAABS (Russian Academy of Architecture and Building Sciences); **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; **Federal State Budgetary Institution “TsNIIP of the Ministry of Construction of Russian Federation”, Research Institute of Theory and History of Architecture and Urban Development (NIITIAG)**; 9 Dushinskaya st., Moscow, 111024, Russian Federation; e-mail: ptichnikova_g@mail.ru.

ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РОЖДАЕМОСТИ В КОНТЕКСТЕ ПАРАДИГМЫ БИОСФЕРНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

**Наталья Владимировна Бакаева^{1,2}, Владимир Александрович Гордон^{2,3},
Ирина Викторовна Черняева^{2,3}, Александра Алексеевна Кормина^{2,3}**

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация;

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

³ Орловский государственный университет (ОГУ) им. И.С. Тургенева; г. Орел, Российская Федерация

Рассмотрена актуальная проблема рождаемости — важнейшего демографического процесса воспроизводства населения. В основу анализа положены принципы парадигмы биосферной совместимости городов, развивающих человека, в числе которых принцип двух противоположных направлений в деятельности города предполагает учет внешних и внутренних факторов. Количественно оценить результаты внешнего и внутреннего направлений в деятельности города можно используя данные медицинской статистики и математический инструмент корреляционно-регрессионного анализа. На примере отдельно взятого региона собраны данные, которые в течение 10 лет за период с 2012 по 2022 г. демонстрируют развитие региона и показатели его социально-экономического состояния. Характерным явлением для Орловской области является устойчивый демографический спад населения, отмечающийся с начала 1990 гг. Практически во всех сферах экономики наблюдается спад производства и прогрессирующая стагнация. В социальной сфере не прослеживается выполнение социальных гарантий перед населением: сокращается количество объектов здравоохранения, школ и детских садов. Построенные прогнозы динамики показателя рождаемости обнаружили отрицательный темп по крайней мере до 2027 г. Среди причин очевидны проблемы социально-экономического развития. Настоящий прогноз имеет практическое значение для осуществления градостроительной деятельности, и, в частности, для градостроительного обоснования планировочных и проектных решений, для создания предпосылок группового расселения, удовлетворения экологических требований, максимального оздоровления городской среды. Динамика численности населения и его структуры, естественное движение и миграция должны составлять основу для жилищного и гражданского строительства в регионе. Значительную ценность проведенный анализ и результаты моделирования представляют для органов власти, которые должны выбирать наилучший курс действий на основе имеющейся информации и вероятных результатов, в том числе и по вопросу прогнозирования численности и структуры населения.

Ключевые слова: демография, рождаемость, парадигма биосферной совместимости, направления в деятельности города, корреляционно-регрессионный анализ, прогнозирование

Для цитирования: Бакаева Н.В., Гордон В.А., Черняева И.В., Кормина А.А. Изучение и прогнозирование рождаемости в контексте парадигмы биосферной совместимости // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 20–29. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.20-29

STUDY AND FORECASTING OF FERTILITY IN THE CONTEXT OF THE BIOSPHERE COMPATIBILITY PARADIGM

**Natalya V. Bakaeva^{1,2}, Vladimir A. Gordon^{2,3},
Irina V. Chernyaeva^{2,3}, Alexandra A. Kormina^{2,3}**

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation;

² Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia;
Moscow, Russian Federation;

³ Orel State University (OSU) named after I.S. Turgenev; Orel, Russian Federation

The article considers the urgent problem of birth rate, the most important demographic process of population reproduction. The analysis is based on the principles of the paradigm of biosphere compatibility of cities that develop a person, including the principle of two opposite directions in the city's activities, which involves taking into account external and internal factors. It is possible to quantitatively assess the results of external and internal directions in the city's activities using medical statistics data and the mathematical tool of correlation and regression analysis. Using the example of a separate region, data were collected that demonstrate the development of the region and indicators of its socio-economic state for 10 years from 2012 to 2022. A characteristic phenomenon for the Oryol region is a steady demographic decline in the population, which has been observed since the early 1990s. Almost all sectors of the economy are experiencing a decline in production and progressive stagnation. In the social sphere, there is no trace of social guarantees for the population: the number of health care facilities, schools and kindergartens is decreasing. The constructed forecasts of the birth rate dynamics showed a negative rate, at least until 2027. Among the reasons, the problems of socio-economic development are obvious. This forecast is of practical importance for the implementation of urban development activities, and in particular; for the urban development justification of planning and design solutions, for creating prerequisites for group resettlement, meeting environmental requirements, and maximizing the health of the urban environment. The dynamics of the population and its structure, natural movement and migration should form the basis for housing and civil construction in the region. The analysis and modeling results are of significant value to government bodies, which must choose the best course of action based on available information and probable results, including on the issue of forecasting the population size and structure.

Keywords: demography, birth rate, paradigm of biosphere compatibility, directions in the city's activities, correlation-regression analysis, forecasting

For citation: Bakaeva N.V., Gordon V.A., Chernyaeva I.V., Kormina A.A. Study and forecasting of fertility in the context of the biosphere compatibility paradigm. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1: DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1. (rus.).

Введение

Новые вызовы современности существенным образом влияют на методологию градостроительства и количественные оценки качества среды жизнедеятельности. Среди них: демографические изменения, приводящие к депопуляции населения, трудовой миграции и, как следствие, градостроительным проблемам расселения и территориально-пространственной организации территории. Динамика численности населения, естественное движение и миграция — это основа составления планов перспективного планирования городского развития и жилищного строительства. Градостроительное обоснование городского планирования основывается среди прочего на данных о возрасте и структуре населения, его социальном положении, а также учитывает социально-экономические аспекты, которые воздействуют на уровень рождаемости, естественный прирост и продолжительность жизни и которые в рамках настоящего исследования рассматриваются как следствие взаимоотношений человека с окружающей средой.

В России в последнее время снижается рождаемость (рис. 1). Если сравнивать первое полугодие 2024 г. с аналогичным периодом 2023 г., то в абсолютных цифрах разница составляет 16,5 тысячи человек [1]. Смертность же, напротив, растет. За шесть месяцев 2024 г. число умерших увеличилось на 4 % — с 888,7 до 921,1 тысячи человек. То есть смертность в России выше рождаемости почти в полтора раза. Естественная убыль населения за полгода — 272,5 тысячи человек [2]. Это данные, в которые не включены новые российские регионы. На демографическую проблему указывает, например, суммарный коэффициент рождаемости в России — это среднее число детей, которое рождает

Число рождений в России продолжает падать

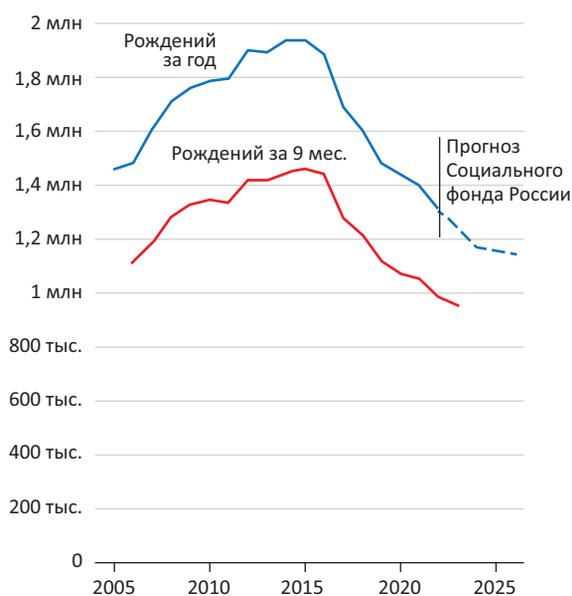


Рис. 1. Демографическая ситуация в России

каждая женщина в течение своей жизни. Актуальность названной проблемы легла и в инициативу государственной поддержки — 2024 год объявлен Президентом России годом Семьи, что наглядным образом акцентирует внимание на демографической проблеме, считая ее одной из ключевых для страны.

К числу современных проблемных тенденций в сфере городского развития следует добавить следующие: диспропорции между городским и сельским населением, увеличение числа трудовых мигрантов, искажение функциональных аспектов городского обустройства и достаточно низкое качество городской среды, ограниченное развитие социальной инфраструктуры, благоустройства, унылые архитектурные

решения, отсталость культуры, а также деградация экологической системы городов [3].

Специфика социально-демографических процессов наиболее остро проявляется в регионах. Так, например, за последние десять лет в российских регионах наблюдается значительное ухудшение качества жизни и снижение уровня рождаемости. Кроме того, проявляются возрастные, профессионально-квалификационные несоответствия, а также тенденция к массовой нисходящей мобильности населения [4]. Депривированные слои населения, для которых характерны общественная изоляция, неудовлетворенность условиями жизни, вынуждены корректировать свои репродуктивные модели поведения, приводящие к разводам, распространению альтернативных форм брака и семьи, увеличению числа женщин до 30 лет, никогда не состоявших в браке и не желающих иметь детей, в том числе и по совокупности причин, среди которых представляется важным выявить как внутреннее устройство города влияет на развитие человека.

Непонимание этой проблемы, скорее узкий подход, который рассматривает демографические тренды как чисто медицинскую проблему, связанную с численностью проживающего населения, не всегда позволяет обратить внимание на градостроительные методы и программно-целевые механизмы решения этой проблемы, прежде всего в регионах России. Выявление закономерностей функционирования городских элементов планировочных структур с учетом показателей демографического развития, а также построения миграционных трендов [5] — это лишь часть изучения сложившейся ситуации. Другие градостроительные задачи, которые решаются с помощью демографического прогнозирования, можно описать следующим образом: прогноз численности и половозрастной структуры населения для определения расчетной численности населения региона, города и координация ее с социально-экономическим прогнозом развития.

На множество вопросов можно найти ответы, используя методы математического моделирования и прогнозирования. Социальные процессы создаются людьми, однако их развитие во многом зависит от условий среды жизнедеятельности, и градостроительное проектирование в той или иной степени регулирует эти процессы. С точки зрения их влияния на разработку и принятие проектного решения можно выделить такие направления прогнозирования как демографическое развитие и перспективная реализация социальных функций. Построенные в этих направлениях прогнозы позволят определить, в каких районах города или поселения будут жить люди, как сформируются производственные (трудовые) связи, каким образом будут осуществляться

посещения учреждений обслуживания, как следует организовать транспорт и зоны отдыха и прочее.

Целью исследования авторов явилось выявить факторы, которые влияют на развитие человека в городе, а через статистические данные доказать наличие статистических зависимостей рождаемости как фактора социальных процессов движения населения и формирования семей. Ранее авторами в работах [5, 6] были установлены причинно-следственные связи между численностью населения региона и перечнем экологических, медицинских, планировочных факторов, определяющих условия для удовлетворения потребностей в жилище и обслуживании, в основных природных и социальных ресурсах для развития человека. Были составлены прогнозы, определяющие социально-экономические и демографические перспективы отдельно взятого региона.

Материалы и методы

Расчеты проводились и строились прогнозы на основании данных, предоставляемых открытыми источниками информации: официальными сайтами Федеральной службы государственной статистики, Орелстата, Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИИС) и другими источниками, например, Демоскоп Weekly Института демографии ВШЭ.

В качестве объекта исследования рассмотрена Орловская область — регион, который можно отнести к одному из самых стремительно вымирающих регионов Центрального федерального округа (ЦФО). Снижение числа населения в регионе отмечается с 1992 г. Только за один год — с 2021 по 2022-й — численность населения уменьшилась на 11 643 человека. К сожалению, Орловская область занимает лидирующее положение по младенческой смертности и смертности детей в возрасте до 4 лет — первое место в ЦФО. Ожидаемая продолжительность здоровой жизни составляет всего 53,1 года [7]. Индекс долголетия в Орловской области составил 0,756 на 2015 г. (43-е место), что также ниже среднероссийского показателя 0,773. Индекс человеческого развития составил 0,871 (0,902 по России). По сравнению с другими регионами ЦФО в Орловской области одни из самых высоких показателей заболеваемости и смертности от новообразований и болезней системы кровообращения, а также высокие показатели заболеваемости туберкулезом, психическими расстройствами и расстройствами поведения, алкоголизмом.

По данным Росстата, на 2023 г. численность населения области составляет 700 276 чел. Городское население составляет 67,59 %. По показателю естественного прироста (7,32 %) область находится

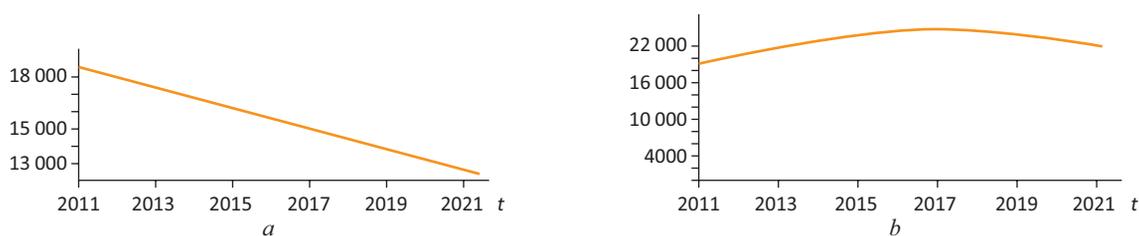


Рис. 2. Графики изменения демографических процессов Орловской области в промежуток времени 11 лет: с 2011 по 2021 г.: *a* — график изменения числа прибывших в Орловскую область; *b* — график изменения числа выбывших из Орловской области

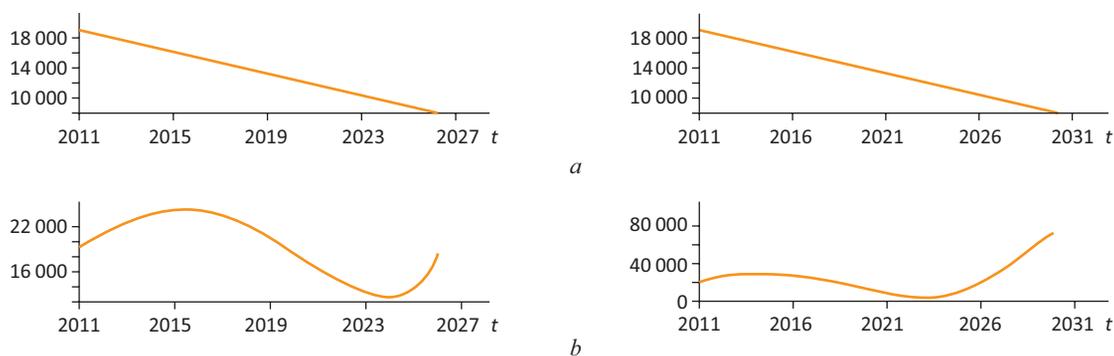


Рис. 3. Прогноз изменения демографических процессов Орловской области на промежутки времени 5 и 10 лет соответственно: *a* — прогноз изменения числа прибывших в Орловскую область; *b* — прогноз изменения числа выбывших из Орловской области

на 77-м месте среди всех 85 регионов России [8]. Суммарный коэффициент рождаемости продолжает снижаться и в настоящее время составляет 1,27, что меньше показателя как по ЦФО (1,41), так и по России в целом (1,50). Имеются статистические данные о миграционных показателях по Орловской области в период с 2011 по 2021 г. [9], на базе которых выявлены тренды в рядах динамики этих показателей (рис. 2), и с помощью имитационного моделирования построены прогнозы на ближайшие 5 и 10 лет (рис. 3). Учитывая вышеприведенные данные, следует отметить, что на федеральном уровне неоднократно рассматривался вопрос об административном статусе Орловской области как депрессивного региона.

Очевидно, что наблюдается спад прибывающего населения в регион и рост выбывающего из региона в динамике за 5 и 10 лет, выявленных ранее в исследовании [5].

Методология исследования

Методология исследования базируется на фундаментальном принципе парадигмы биосферной совместимости городов, развивающих человека: о сопоставлении двух направлений в деятельности города — внешнего (по отношению к природной среде, к Биосфере) и внутреннего (по отношению к человеку) в контексте с первым ее принципом «Осознание единства человека и Природы». В городской среде этот принцип проявляется и оце-

нивается как уровень здоровья его населения, в том числе и в широком смысле слова: духовного, физического и социального. Социально-демографический процесс выступает индикатором проявления этого принципа, а социально-демографические показатели являются наиболее реально оцениваемыми.

Рассмотрим факторы, которые могут оказывать влияние на уровень рождаемости. При выборе параметров, влияющих на рассматриваемый показатель, основное внимание уделялось содержательному анализу медицинских аспектов, социально-экономической ситуации, экологии и градостроительства, с применением статистических и математических методов оценки [6].

В качестве результирующей переменной принята Y — «Рождаемость», а в качестве независимых (объясняющих) факторов было принято 29 показателей, отражающих социально-демографический и социально-экономический процессы на территории региона ($X_1 - X_{29}$).

Практическим инструментом для исследования показателя рождаемости выступают методы корреляционно-регрессионного анализа.

Для получения надежной оценки принято число наблюдений 11, а факторных признаков — 29, среди которых основной X_1 — численность населения, так как рождаемость — это прежде всего естественный процесс воспроизводства населения.

Для проведения корреляционного анализа строится матрица коэффициентов парной корреля-

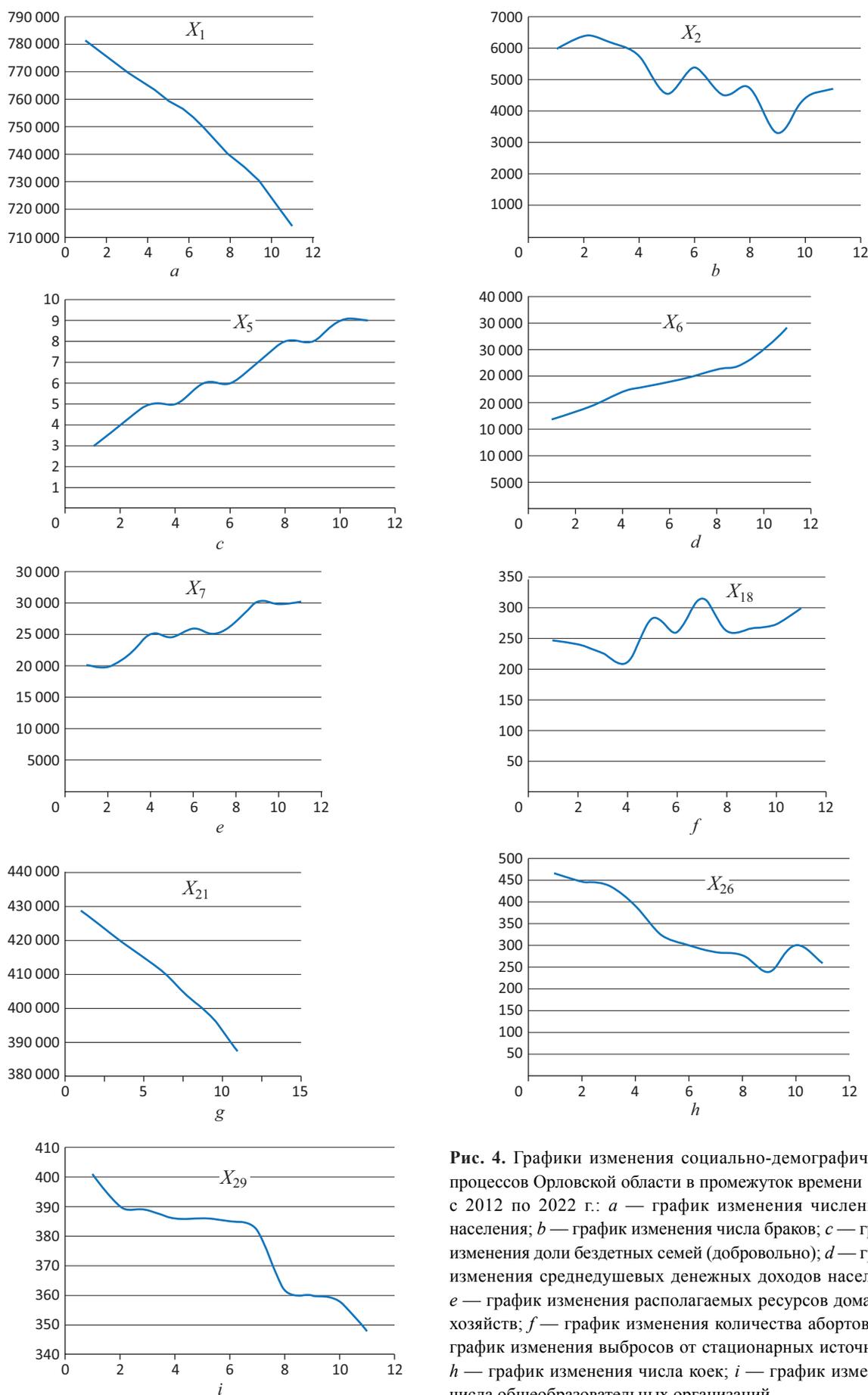


Рис. 4. Графики изменения социально-демографических процессов Орловской области в промежутке времени 11 лет с 2012 по 2022 г.: *a* — график изменения численности населения; *b* — график изменения числа браков; *c* — график изменения доли бездетных семей (добровольно); *d* — график изменения среднедушевых денежных доходов населения; *e* — график изменения располагаемых ресурсов домашних хозяйств; *f* — график изменения количества аборт; *g* — график изменения выбросов от стационарных источников; *h* — график изменения числа коек; *i* — график изменения числа общеобразовательных организаций

ции, характеризующих тесноту связей между показателями. В модель включаем те факторы, связь которых с зависимой переменной наиболее сильная [10], исключив явление мультиколлинеарности.

Оценка коэффициентов a_0 , a_1 и т.д. регрессии производится методом наименьших квадратов средствами *Excel*.

Результаты исследования

Математическая обработка имеющихся статистических данных показала близкий к линейному характер изменения большинства факторов, например X_1 , X_2 , X_5 , X_6 , X_7 , X_{18} , X_{21} , X_{26} и X_{29} (рис. 4).

В качестве значимых приняты девять факторов, связь которых с исследуемым показателем очевидна и подтверждается высокими значениями коэффициентов парной корреляции ($> 0,7$): X_1 , X_2 , X_5 , X_6 , X_7 , X_{18} , X_{21} , X_{26} , X_{29} . Эти факторы включаем в модель.

В результате проведенного анализа выбран вид линейной модели регрессии:

$$Y_1 = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_5 \cdot X_5 + a_6 \cdot X_6 + a_7 \cdot X_7 + a_{18} \cdot X_{18} + a_{21} \cdot X_{21} + a_{26} \cdot X_{26} + a_{29} \cdot X_{29}, \quad (1)$$

где Y_1 — число родившихся;

a_0 , a_1 , a_2 , a_5 , a_6 , a_7 , a_{18} , a_{21} , a_{26} , a_{29} — коэффициенты уравнения регрессии;

X_1 — численность населения;

X_2 — число браков;

X_5 — доля бездетных семей (добровольно);

X_6 — среднедушевые денежные доходы населения;

X_7 — располагаемые ресурсы домашних хозяйств;

X_{18} — количество аборт;

X_{21} — уровень загрязнения выбросами от стационарных источников;

X_{26} — число больничных коек;

X_{29} — число общеобразовательных организаций.

Учитывая тесную связь между факторами X_1 и X_{21} ($> 0,9$), что свидетельствует о наличии коллинеарности, в модели следует оставить один из этих факторов: либо X_1 , либо X_{21} . Коэффициенты были найдены методом наименьших квадратов средствами *Excel*. Уравнение приняло следующий вид:

$$Y_1 = -138\,907 + 0,182227 \cdot X_1 - 0,86281 \cdot X_2 + 233,5033 \cdot X_5 + 0,595918 \cdot X_6 - 0,21802 \cdot X_7 - 12,279 \cdot X_{18} + 3,859576 \cdot X_{26} + 13,32885 \cdot X_{29}. \quad (2)$$

Проведем анализ уравнения (2) с позиции влияния ключевых социально-экономических факторов, отражающих внутреннее направление в деятельности города, и факторов, отражающих внешнее

направление, например, факторов экологической обстановки на территории региона. Очевидно, что факторы X_1 , X_2 , X_5 , X_6 , X_7 , X_{18} , X_{26} , X_{29} можно отнести к внутреннему направлению, а фактор X_{21} — к внешнему. Во внутреннем градоустройстве наибольший интерес представляет выделение факторов социальной инфраструктуры, определяющих демографическую ситуацию в регионах, таких как X_{26} — «Число больничных коек» и X_{29} — «Число общеобразовательных организаций». Понятие социальная инфраструктура тождественно понятию «социальная сфера» (образование, здравоохранение, культура) или «социальная среда», т.е. условия общественной жизнедеятельности и социального взаимодействия.

В современном понимании термин «социальная инфраструктура» относится к совокупности компонентов и элементов территориально-пространственных объектов, которые рассматриваются как важные условия для обеспечения и сохранения человеческого потенциала и воспроизводства населения [11]. Если рассматривать социальную инфраструктуру региона как совокупность социальных учреждений, то цели ее функционирования в городской среде связаны прежде всего с формированием человеческого капитала, тем самым обеспечивая социальную привлекательность территории и предпосылки для рождения детей.

Менее заметным, но не менее значимым оказывается ресурс домашних хозяйств — фактор X_7 . В семьях с низким доходом обычно наблюдается небольшой размер домохозяйств. Когда же доходы на душу населения увеличиваются, это может привести к росту объемов и количества домашних хозяйств, что, в свою очередь, способствует возрастанию спроса на предоставление основных услуг жизнеобеспечения [11]. Таким образом прослеживается корреляционная связь между показателями рождаемости и ресурсами домашних хозяйств, а также среднедушевыми денежными доходами населения (фактор X_6). Еще задолго до возникновения статистики по демографии установлена обратная зависимость между уровнем доходов и рождаемостью [11].

Вопрос причинно-следственных связей рождаемости остается дискуссионным до настоящего времени ввиду его многофакторности. Эксперты нередко называют урбанизацию и связанное с ней качество жизни населения в числе факторов, снижающих рождаемость. Так, например, многочисленные исследования демографов показали, что рождаемость у горожан примерно в полтора раза ниже, чем в сельских районах [12, 13]. При этом эксперты обращают внимание, что для более точного определения факторов, способствующих улучше-

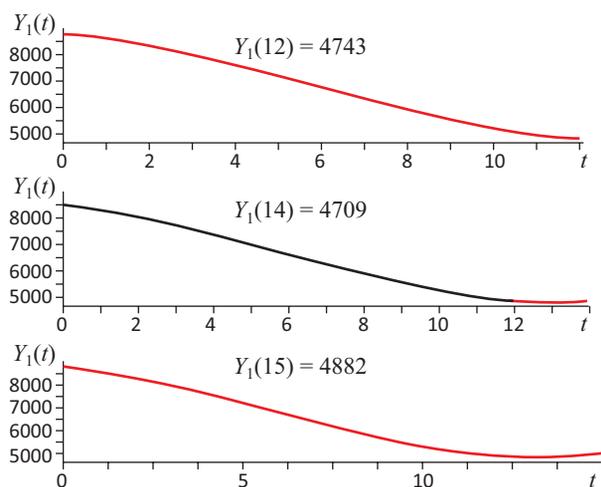


Рис. 5. Прогноз численности родившихся в Орловской области с 2024 до 2027 г.

нию демографической ситуации в России в целом и в ее отдельных регионах, требуется дополнительное исследование воздействия элементов городской среды и их характеристик на ключевые параметры демографического воспроизводства.

Отрицательным явлением современного общества можно считать чайлдфри (от англ. «*child-free*» — «свободные от детей») — это люди, которые осознанно и добровольно принимают решение не рожать детей в течение всей своей жизни [14]. Они выбирают жизнь без детей, поскольку это для них наиболее удобно, и считают, что отсутствие дополнительных обязательств по отношению к чужой жизни позволяет легче сосредоточиться на личных интересах и карьерных целях. Если такие люди испытывают желание пообщаться с детьми, им достаточно провести некоторое время с детьми друзей или соседей, при этом они сознательно отказываются от идеи завести собственных [15]. X_5 — доля бездетных семей (добровольно). Для России явление чайлдфри остается относительно новым, однако согласно последним социологическим исследованиям, приблизительно 9 % мужчин и женщин в стране предпочитают оставаться без детей.

Факторы X_1 и X_{21} связаны между собой линейной зависимостью, т.е. взаимно влияют друг на друга, что приводит к тому, что их изменения перестают быть независимыми. В результате оценка воздействия каждого из факторов по отдельности становится невозможной. Поэтому в модели решили пренебречь фактором X_{21} — «Уровень загрязнения выбросами от стационарных источников». Тем не менее наличие статистических зависимостей численности населения от уровня загрязнения окружающей среды было установлено авторами ранее в работах [16, 17].

Таким образом, можно считать, что полученная модель удовлетворительно описывает временной

период, за который имеются статистические данные (2012–2022 гг.). На ее основе даются прогнозы рождаемости населения региона на три ближайших года на период до 2027 г. (рис. 5).

Численные результаты прогноза выглядят достаточно закономерными. Таким образом, если показатели условий жизнедеятельности и уровня социально-экономического благополучия населения в Орловской области останутся на прежнем уровне или ниже, то в скором будущем будет наблюдаться критическое непрерывное снижение численности населения прежде всего за счет естественной убыли и снижения рождаемости [5]. Исследуя графики (рис. 4), иллюстрирующие тенденции динамики рождаемости, можно предположить, что негативная тенденция снижения рождаемости может смениться постепенным ростом рождаемости [6].

Выводы

На основе изучения статистических данных о социально-экономических показателях и показателях загрязнения окружающей среды отдельного взятого региона ЦФО — Орловской области был выполнен корреляционно-регрессионный анализ трансформации демографической ситуации и построены статистические модели, прогнозирующие рождаемость. Анализ показал, что для жителей региона в сложившейся обстановке происходит трансформация понятия «малая Родина», когда условия жизнедеятельности далеки от тех, которые можно считать необходимыми для создания благоприятных и комфортных условий проживания. Это один из первых шагов анализа в части реализации методологии планирования биосферосовместимого города, развивающего человека, когда представляется возможным оценить в причинно-следственной связи направления в деятельности города (принцип 2) и тезис о необходимости удовлетворения потребностей населения всеми без исключения функциями города (принцип 7).

Используя рассматриваемый подход — демографическое прогнозирование — в градостроительной деятельности, можно назвать следующие ключевые задачи:

- прогноз численности населения и его половозрастной структуры для определения расчетной численности населения региона;
- анализ численности трудоспособного контингента и сопоставление этой информации с экономическими прогнозами в области трудовых ресурсов;
- определение количества школьников и детей дошкольного возраста для оценки потребностей в детских садах и образовательных учреждениях;

- определение численности старшего населения для расчетов емкостей учреждений обслуживания, мест массового отдыха и др. Например, это могут быть специфические задачи для обоснования количества, структуры учреждений здравоохранения и их мощности;
- разработка схем расселения в зонах влияния городов с учетом маятниковой миграции.

Демографический прогноз может выполняться не только для отдельных единиц расселения (города, региона), но и для жилых микрорайонов и районов города. В последние годы наблюдаются демографические изменения в пределах одного города, и градостроители должны учитывать эти факторы. Отток фертильного населения с высокими показателями рождаемости, например, в новые жилые районы приводит к «старению» населения уже построенных районов, уменьшению в них детей дошкольного и школьного возраста. При этом в новых районах в первые годы потребность в детских учреждениях будет превышать средние по городу. Это порождает различия в потребностях населения в учреждениях бытового и социально-культурного обслуживания.

Принятые в модель переменные могут рассматриваться властями региона в качестве основы для принятия управленческих решений. Так, для комплексного решения проблемы рождаемости одним из ключевых направлений является поддержка молодых семей со стороны государства. Увеличение доступности и качества детских садов и школ, а также предоставление льготных ипотеч-

ных кредитов, в том числе для молодых семей, могут способствовать увеличению рождаемости. Также важным шагом является разработка внедрения программ поддержки женщин в период беременности и родов, увеличение отпуска по уходу за ребенком до трех лет. Эти меры могут существенно повлиять на решение проблемы низкой рождаемости.

Для достижения стабильных и продолжительных положительных результатов по росту рождаемости также необходимо изменение социокультурной ситуации в стране. Пропаганда здорового образа жизни, способствующего сохранению здоровья будущих поколений, а также создание условий для социальной защиты и поддержки материнства и детства могут оказать положительное воздействие на решение проблемы низкой рождаемости. Проведение информационных кампаний, направленных на повышение интереса и ценности семейной жизни и детей, также может способствовать изменению социокультурной ситуации.

В целом проблема рождаемости в России остается актуальной и требует комплексного подхода. Только совокупное воздействие государственной и общественной поддержки, изменений в экономической и социокультурной сферах сможет привести к положительным изменениям в данной области. Важно осознавать, что решение проблемы низкой рождаемости является долгосрочным и сложным процессом, который требует согласованной работы всех уровней власти и общественности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Демоскоп Weekly Института демографии ВШЭ. Счетчик населения. URL: <https://www.demoscope.ru/weekly/2024/01053/index.php> (дата обращения: 14.10.2024).
2. Population of Russian Federation. URL: <https://database.earth/population/russian-federation> (дата обращения: 14.10.2024).
3. Меренков А.В., Данилова А.В., Кораблева Г.Б., Ракевич Е.В., Вандышев М.Н., Бурлуцкая М.Г. и др. Социальное пространство современного города : монография. М. : Издательство Юрайт. 2020. 250 с. EDN VGRXLV.
4. Шамсутдинов Р.А. Социально-демографические процессы в среднем городе как объект социального регулирования : автореф. дис. ... канд. соц. наук. Казань : Казанский финансово-эконом. ин-т., 2001. 16 с. EDN QDRPYT.
5. Гордон В.А., Бакаева И.В., Черняева И.В. Исследование влияния миграционных показателей на демографическую ситуацию региона // Научный журнал строительства и архитектуры. 2024. № 2 (74). С. 138–152. DOI: 10.36622/2541-7592.2024.74.2.013. EDN QDFXHW
6. Бакаева И.В., Гордон В.А., Черняева И.В. Прогнозирование социально-демографических характеристик в городском проектировании // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13. № 3 (52). С. 151–161. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.03.19. EDN DIHSXE.
7. Орловская область: Аналитика, цифры, факты. URL: <https://orel.bezformata.com/listnews/orlovskaya-oblast-voshla-v-top/105763677/> (дата обращения: 21.10.2024).
8. Демографический рейтинг регионов – 2022. URL: <https://riarating.ru/infografika/20220404/630220607.html> (дата обращения: 21.10.2024).
9. Дмитриева Н.Е., Акимова Л.И., Андреев М.В., Антипина Д.М., Балахнев М.Ю. Орловская область в цифрах. 2010, 2015, 2020–2022 : краткий стат. сб. // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Орловской области. Орел, 2023. 160 с.

10. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А., Кормина А.А. Статистические зависимости показателей благоприятной среды жизнедеятельности биосферосовместимого города // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16. № 5. С. 545–556. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556. EDN CWDDWJ.
11. Зубец А.Н. Основные социальные и инфраструктурные факторы, определяющие демографическую динамику в регионах России и их привлекательность для миграции // Социология. 2019. № 6. С. 77–86. EDN SWACLL.
12. Vladev I., Vladeva R. The demographic problem — one of the main problems of contemporary // Acta Scientifica Naturalis. 2020. Vol. 7. No. 2. Pp. 158–171. DOI: 10.2478/asn-2020-0027
13. Vandenbroucke G. Russia's Demographic Problems Started Before the Collapse of the Soviet Union // Economic Synopses. 2016. No. 4. DOI: 10.20955/es.2016.4
14. Маяцкая О.Б. Чайлдфри как контркультура и личностная философия // Евразийский юридический журнал. 2018. № 12 (127). С. 503–505. EDN YUSHXN
15. Кто такие чайлдфри, и почему люди не хотят заводить детей. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/630388f99a7947b4c5fe1e80> (дата обращения: 12.11.2024).
16. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А., Бакаева Н.В., Кормина А.А. Динамическая модель численности населения жилого района биосферосовместимого города // Социология города. 2021. № 1. С. 24–38. EDN IRPPRR.
17. Ильичев В.А., Колчунов В.И., Гордон В.А., Бакаева Н.В., Кормина А.А. Модель демографического прироста населения региона // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2021. № 3 (35). С. 3–14. DOI: 10.21869/2311-1518-2021-35-3-3-13. EDN OHTFVO.

Об авторах: **Наталья Владимировна Бакаева** — д-р техн. наук, профессор, советник РААСН, профессор кафедры градостроительства; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; главный научный сотрудник; **Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Минстроя России**; 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21; e-mail: natbak@mail.ru;

Владимир Александрович Гордон — д-р техн. наук, профессор, советник РААСН, профессор кафедры технической физики и математики; **Орловский государственный университет (ОГУ) им. И.С. Тургенева**; 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95; главный научный сотрудник; **Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Минстроя России**; 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21; e-mail: gordon@ostu.ru;

Ирина Викторовна Черняева — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры проектирования городской среды; **Орловский государственный университет (ОГУ) им. И.С. Тургенева**; 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95; старший научный сотрудник; **Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Минстроя России**; 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21; e-mail: schunya87@yandex.ru;

Александра Алексеевна Кормина — канд. техн. наук, преподаватель кафедры проектирования городской среды; **Орловский государственный университет (ОГУ) им. И.С. Тургенева**; 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, д. 95; ведущий инженер; **Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Минстроя России**; 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21; e-mail: sascha-girl@mail.ru.

REFERENCES

1. Demoscope Weekly of the Institute of Demography. Population counter. URL: <https://www.demoscope.ru/weekly/2024/01053/index.php> (accessed 14 October 2024).
2. Population of Russian Federation. URL: <https://database.earth/population/russian-federation> (accessed 14 October 2024).
3. Merenkov A.V., Danilova A.V., Korableva G.B., Rakevich E.V., Vandyshev M.N., Burlutskaya M.G. et al. *The social space of a modern city : a monograph*. Moscow, Yurayt Publishing House, 2020; 250. EDN VGRXLV. (rus.).
4. Shamsutdinov R.A. *Socio-demographic processes in an average city as an object of social regulation : abstract of the dissertation of the candidate of sociological sciences*. Kazan, Kazan Financial and Economic Institute, 2001; 16. EDN QDRPYT. (rus.).
5. Gordon V.A., Bakaeva I.V., Chernyaeva I.V. Investigation of the influence of migration indicators on the demographic situation of the region. *Scientific Journal of Construction and Architecture*. 2024; 2(74):138-152. DOI: 10.36622/2541-7592.2024.74.2.013. EDN QDFXHW. (rus.).

6. Bakaeva N.V., Gordon V.A., Chernyaeva I.V. Forecasting socio-demographic characteristics in urban design. *Urban planning and architecture*. 2023; 13:3(52):151-161. DOI: 10.17673/Bulletin.2023.03.19. EDN DIHSXE. (rus.).
7. Oryol region: Analytics, figures, facts. URL: <https://orel.bezformata.com/listnews/orlovskaya-oblast-voshla-v-top/105763677/> (accessed 21 October 2024). (rus.).
8. Demographic rating of the regions — 2022. URL: <https://riarating.ru/infografika/20220404/630220607.html> (accessed 21 October 2024). (rus.).
9. Dmitrieva N.E., Akimova L.I., Andreyuk M.V., Antipina D.M., Balakhnev M.Yu. Oryol Oblast in Figures. 2010, 2015, 2020–2022 : Brief Statistical Collection. *Territorial Authority of the Federal State Statistics Service for Oryol Oblast*. Oryol, 2023; 160. (rus.).
10. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Kormina A.A. Statistical dependencies of indicators of a favorable living environment of a biosphere-compatible city. *Bulletin of MGSU*. 2021; 16(5):545-556. DOI: 10.22227/1997-0935.2021.5.545-556. EDN CWDDWJ. (rus.).
11. Zubets A.N. The main social and infrastructural factors determining demographic dynamics in the regions of Russia and their attractiveness for migration. *Sociology*. 2019; 6:77-86. EDN SWACLL (rus.).
12. Vladev I., Vladeva R. The demographic problem — one of the main problems of contemporary. *Acta Scientifica Naturalis*. 2020; 7(2):158-171. DOI: 10.2478/asn-2020-0027
13. Vandenbroucke G. Russia's Demographic Problems Started Before the Collapse of the Soviet Union. *Economic Synopses*. 2016; 4. DOI: 10.20955/es.2016.4
14. Mayatskaya O.B. Childfree as a counterculture and personal philosophy. *Eurasian Law Journal*. 2018; 12(127): 503-505. EDN YUSHXN. (rus.).
15. Who are the Childfries, and why don't people want to have children. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/630388f99a7947b4c5fe1e80> (accessed 12 November 2024). (rus.).
16. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Bakaeva N.V., Kormina A.A. A dynamic model of the population of a residential area of a biosphere-compatible city. *Sociology of the city*. 2021; 1:24-38. EDN IRPPRR (rus.).
17. Ilyichev V.A., Kolchunov V.I., Gordon V.A., Bakaeva N.V., Kormina A.A. The model of demographic growth of the region's population. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2021; 3(35):3-14. DOI: 10.21869/2311-1518-2021-35-3-3-13. EDN OHTFVO. (rus.).

About the authors: **Natalya V. Bakaeva** — D. Sc. in Engineering, Prof., Advisor RAACS, Prof. of the Dept. of urban planning; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Chief Scientific Officer Research; **Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia**; 21 Lokomotivny pr., Moscow, 127238, Russian Federation; e-mail: natbak@mail.ru;

Vladimir A. Gordon — D. Sc. in Engineering, Prof., Advisor RAACS, Prof. of the Dept. of technical physics and mathematics; **Orel State University (OSU) named after I.S. Turgenev**; 95 Komsomolskaya st., Orel, 302026, Russian Federation; Chief Scientific Officer; **Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia**; 21 Lokomotivny pr., Moscow, 127238, Russian Federation; e-mail: gordon@ostu.ru;

Irina V. Chernyaeva — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Urban Environment Design; **Orel State University (OSU) named after I.S. Turgenev**; 95 Komsomolskaya st., Orel, 302026, Russian Federation; Senior researcher; **Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia**; 21 Lokomotivny pr., Moscow, 127238, Russian Federation; e-mail: schunya87@yandex.ru;

Alexandra A. Kormina — Candidate of Technical Sciences, Lecturer at the Department of Urban Environment Design; **Orel State University (OSU) named after I.S. Turgenev**; 95 Komsomolskaya st., Orel, 302026, Russian Federation; Lead Engineer; **Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia**; 21 Lokomotivny pr., Moscow, 127238, Russian Federation; e-mail: sascha-girl@mail.ru.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ВЕЛОИНФРАСТРУКТУРЫ В ГОРОДАХ РОССИИ

Дмитрий Александрович Дьяченко¹, Алексей Владимирович Попов²

¹ Научно-исследовательский и проектный институт Генерального плана города Москвы (ГАУ «Институт Генплана Москвы»); г. Москва, Российская Федерация;

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация

Данная работа посвящена исследованию градостроительного опыта внедрения велоинфраструктуры в городах России как важного элемента создания благоприятных условий среды жизнедеятельности для развития человека в современном городе. Исследование основано на анализе документов стратегического, территориального и транспортного планирования шести крупных российских городов (Иркутск, Сочи, Ярославль, Белгород, Калуга, Тверь), представляющих перспективные центры экономического роста. Целью работы является разработка классификации подходов органов местного самоуправления к развитию велоинфраструктуры и других средств индивидуальной мобильности (СИМ) в отраслевых документах стратегического планирования. Анализируются три ключевые функции велоинфраструктуры: транспортная, рекреационная и спортивная. Исследование подтвердило схожесть подходов к планированию велоинфраструктуры в разных городах страны с учетом корректировок, обусловленных различиями в природно-климатических условиях. Методология включает анализ документов стратегического планирования, генеральных планов, программ комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ) и комплексных схем организации дорожного движения (КСОДД), а также местных нормативов градостроительного проектирования. В итоге созданы оценочные «паспорта» для каждого города с характеристикой документов в аспекте развития велоинфраструктуры и выявлен ряд особенностей в подходах к формированию положений о велоинфраструктуре в стратегических документах. Результаты исследования показывают, что наиболее полные и конкретные предложения по развитию велоинфраструктуры содержатся в Генеральных планах и локальных нормативах градостроительного проектирования, в то время как описание существующей велоинфраструктуры детально представлено в программах развития транспортной инфраструктуры. Таким образом, работа подчеркивает необходимость системного подхода к планированию велоинфраструктуры, учитывая транспортную функцию, рекреационные и спортивные аспекты. Выводы работы способствуют более эффективному развитию велоинфраструктуры в российских городах и могут быть использованы при разработке будущих стратегий развития транспортной системы, направленных на улучшение условий для развития человека в городской среде.

Ключевые слова: велоинфраструктура, средства индивидуальной мобильности, органы местного самоуправления, документы стратегического планирования, транспортное планирование

Для цитирования: Дьяченко Д.А., Попов А.В. Градостроительный опыт внедрения велоинфраструктуры в городах России // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 30–38. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.30-38

URBAN PLANNING EXPERIENCE OF IMPLEMENTING CYCLING INFRASTRUCTURE IN RUSSIAN CITIES

Dmitry A. Dyachenko¹, Alexey V. Popov²

¹ «Research and Project Institute of the General Plan of Moscow (SAI “Moscow Genplan Institute”); Moscow, Russian Federation;

² Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation

This paper is devoted to the study of urban planning experience in the introduction of bicycle infrastructure in Russian cities as an important element of creating favorable living conditions for human development in a modern city. The study is based on the analysis of strategic, territorial and transport planning documents of six major Russian cities (Irkutsk, Sochi, Yaroslavl, Belgorod, Kaluga, Tver), representing promising centers of economic growth. The aim of the paper is to develop a classification of local governments' approaches to the development of bicycle infrastructure and other means of individual mobility (SIM) in sectoral strategic planning documents. Three key functions of bicycle infrastructure are analyzed: transport, recreational and sports. The study assumes similarity of approaches to bicycle infrastructure planning in different cities of the country. The methodology includes analysis of strategic planning documents, master plans, transport infrastructure development programs (TIDP) and comprehensive traffic management

schemes (CTMS), as well as local urban planning regulations. As a result, assessment “passports” were created for each city with the characterization of documents in the aspect of bicycle infrastructure development, and a number of peculiarities in approaches to the formation of bicycle infrastructure provisions in strategic documents were identified. The results of the study show that the most complete and specific proposals for the development of bicycle infrastructure are as follows

Keywords: cycling Infrastructure, personal mobility devices, local self-government bodies, strategic planning documents, transport planning

For citation: Dyachenko D.A., Popov A.V. Urban planning experience of implementing cycling infrastructure in Russian cities. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1:30-38. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.30-38 (rus.).

Введение

В условиях глобального тренда на экологизацию городов развитие микромобильности, включая велосипедную инфраструктуру, становится приоритетным направлением для повышения качества жизни и устойчивого развития [1]. Стремительный рост популярности средств индивидуальной мобильности (СИМ) в России требует комплексного подхода к развитию соответствующей инфраструктуры, однако существующие городские программы часто недостаточно проработаны [2]. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью обобщения опыта внедрения велоинфраструктуры в городах России и систематизации региональных подходов к планированию велоинфраструктуры в России, а также отсутствием единой методики, учитывающей климатические, социальные и градостроительные особенности. Анализ документов стратегического планирования крупных российских городов выявляет отсутствие унифицированной системы целеполагания в этой сфере. Настоящее исследование ставит цель классифицировать подходы местных органов власти к формированию положений о развитии инфраструктуры СИМ в документах стратегического, территориального и транспортного планирования, чтобы выявить общие тенденции и разработать рекомендации для повышения эффективности политики в области микромобильности [3]. Гипотеза исследования предполагает возможность систематизации подходов в развитии велоинфраструктуры в разных городах России с учетом корректировок, обусловленных различиями в природно-климатических условиях с возможной разработкой единой методики в будущем.

Модели и методы

В рамках исследования проведен анализ существующей научной литературы, нормативно-правовых актов и прочих источников международного опыта в части развития велоинфраструктуры и формирования соответствующих положений в документах на уровне целеполагания. Наибольший интерес представляют подходы к интеграции велоинфраструктуры в городское планирование, предложенные С. Ценковой и Д. Махалекком [4], а также рассмотренные в работах Т. Литмана, Д. Пучера и Р. Бьюхлера [5–7]. Они рассматривают взаимосвязь велосипедного движения и системы общественного транспорта. Кроме того, важным является изучение Национальной стратегии развития велосипедного движения в Чехии [8], которая предлагает комплексный подход к формированию велоинфраструктуры на государственном уровне.

В рамках текущей работы подробно рассмотрены стратегии и документы транспортного планирования местного уровня. Предварительный перечень документов, соответствующих тематике исследования, представлен в табл. 1.

Помимо стандартного набора документов, в том или ином виде существующих во всех рассматриваемых муниципалитетах, проведен анализ специализированных транспортных концепций и комплексных программ по развитию велотранспорта, а также местных нормативов градостроительного проектирования.

В основе городской велоинфраструктуры можно выделить три главные вехи: велосипедная инфраструктура спортивного, рекреационного и транспортного назначения [9, 10]. Каждая из них так или иначе включена в единую городскую систему. Раз-

Таблица 1. Перечень анализируемых документов стратегического, территориального и транспортного планирования

Документы стратегического планирования местного уровня	Стратегия социально-экономического развития муниципального образования
	Муниципальные программы
Документы территориального планирования местного уровня	Материалы по обоснованию Генерального плана муниципального образования
Документы транспортного планирования местного уровня	Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ)
	Комплексная схема организации дорожного движения (КСОДД)
	Комплексная схема организации транспортного обслуживания населения общественным транспортом (КСОТ)

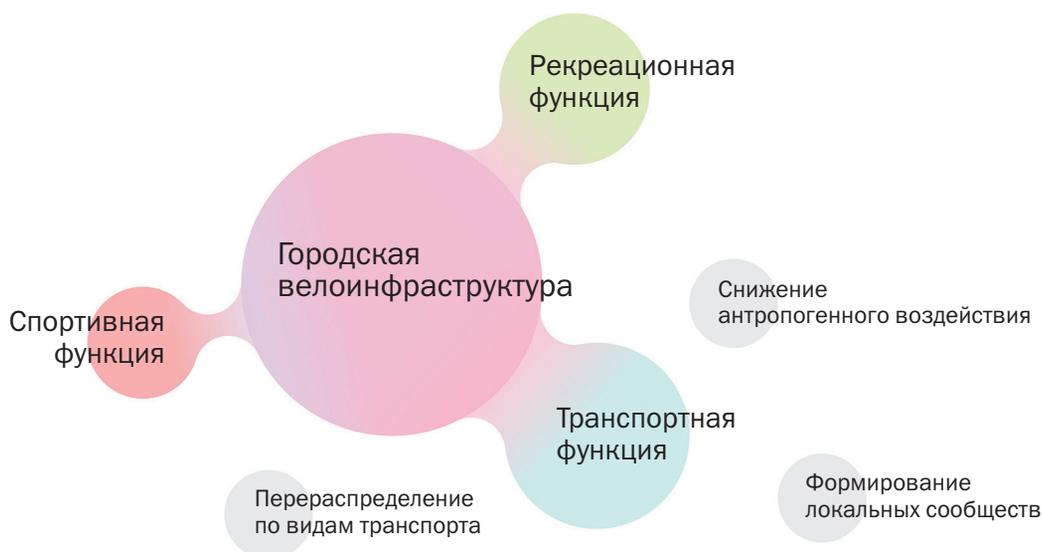


Рис. 1. Схема системы городской велоинфраструктуры

личие кроется в способе и мере доступности элементов инфраструктуры.

Транспортная функция велосипеда и инфраструктуры в целом, в свою очередь, также может быть разложена на три составляющие. Наиболее частыми причинами развития велосипедного транспорта в городах являются:

- решение транспортной проблемы: снижение ежедневного количества автомобилей на улично-дорожной сети города, уменьшение загрузки общественного транспорта;
- решение экологической проблемы: снижение уровня загрязняющих веществ от автотранспорта;
- решение социальной проблемы: формирование местного велообщества, улучшение общего состояния здоровья и качества жизни (рис. 1).

Создание единой формализованной системы велоинфраструктуры в городах — это один из неизбежных шагов будущего развития транспорта и городской мобильности. Важно помнить, что строительство велоинфраструктуры (инфраструктуры СИМ) и обустройство их локальными зонами обслуживания велотранспорта — процесс комплексный и требующий внимательного планирования, координации и интеграции с другими видами транспортной системы города.

Для проведения качественного анализа механизмов внедрения велоинфраструктуры на территории России определена необходимая выборка из шести городов. Следует рассмотреть крупные экономические центры различных субъектов РФ. Передовые точки роста экономической активности формируют запрос в том числе и на новую транспортную инфраструктуру.

Перспективные центры экономического роста субъектов Российской Федерации [11] — города, образующие городские агломерации с численностью населения более 500 тыс. человек, попавшие к рассмотрению в рамках текущего исследования: Иркутск, Сочи, Ярославль. Среди подобных центров меньшего ранга (города с населением от 250 до 500 тыс. человек) отобраны: Белгород, Калуга, Тверь (табл. 2).

Таблица 2. Перечень городов, попавших в выборочную совокупность

Город	Население, тыс. чел (2023 г.)
Иркутск	611,22
Ярославль	570,82
Сочи	512,68
Тверь	414,76
Калуга	333,95
Белгород	333,93

В работе применяются такие исследовательские методы, как сравнительный анализ с применением балльной оценки, классификация и кейс-стади шести городов с выделением общих тенденций и региональных особенностей.

Результаты исследования и их анализ

Максимально релевантные итоги сравнения могут быть получены только при условии единообразия процессов оценки документов стратегического, территориального и транспортного планирования и иных нормативно-правовых актов. На данном этапе следует сформировать предварительную программу исследования, применимую для

Таблица 3. Пример структуры анализа документов, включающих сведения о развитии транспортной инфраструктуры

Город	Документы, включающие транспортные разделы	
Иркутск	Документы стратегического планирования	Стратегия социально-экономического развития города Иркутска на период до 2036 г. [12]
	Документы территориального планирования	Генеральный план муниципального образования город Иркутск [13]
	Документы транспортного планирования	Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры города Иркутска на 2016–2030 гг. [14]
		Комплексная схема организации транспортного обслуживания населения общественным транспортом (КСОТ) (отсутствует)
		Комплексная схема организации дорожного движения (КСОДД) (отсутствует)
Иные документы (муниципальные программы, концепции)	Концепция пространственного развития города Иркутска [15]. Муниципальная программа «Развитие транспортной системы» [16]	

каждого отдельно взятого кейса в рамках настоящей работы. Ввиду несколько различных форм ведения документации по территориальному планированию в муниципальных образованиях, а также возможного отсутствия некоторых документов стратегического планирования допускаются небольшие отклонения при генерализации обработанных материалов.

Для всех отобранных населенных пунктов составлены и проанализированы структуры документов планирования и оценочные «паспорта» в части развития велосипедной инфраструктуры (табл. 3).

В ходе исследования проанализирован ряд документов стратегического планирования, охватывающих различные аспекты развития городов России. Основное внимание было уделено наличию в них положений о развитии велоинфраструктуры и микромобильности в целом.

Далее проведено сравнение и унификация подходов в формировании положений долгосрочного планирования в части внедрения велоинфраструктуры. Классификация позволит выделить основные стратегии и принципы, которые используются при разработке и реализации планов по улучшению велоинфраструктуры в городах. В рамках заключительной части работы будут рассмотрены и сопоставлены разработанные паспорта-характеристики муниципальных образований с выявленной проработкой положений отраслевых документов.

«Стратегия социально-экономического развития города Иркутска на период до 2036 года» не дает характеристику существующей велоинфраструктуре города. Отмечается наличие потенциала для реализации устройства опорного каркаса велосипедных дорожек в границах центральной части муниципалитета.

В разделе перспектив пространственного развития Иркутска предполагается связать разрозненные

части города велопешеходным каркасом, сформировав на крупных пересечениях городские узлы-подцентры.

«Генеральный план муниципального образования город Иркутск» не ставит цель развития велоинфраструктуры. Приоритетом в вопросе совершенствовании транспорта является улучшение системы городских общественных перевозок. Проектом предусматривается расширение сети маршрутов ОТ и строительство велосипедных дорожек вдоль тротуаров по основным городским магистралям протяженностью 66,3 км.

Одной из задач, указанных в Паспорте «Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры города Иркутска на 2016–2030 годы», указано развитие сети велосипедного движения в городе Иркутске.

В разделе о безопасности дорожного движения обозначены запланированные мероприятия по развитию велосипедной инфраструктуры, которые должны снизить аварийность на улично-дорожной сети Иркутска.

Как и во многих других рассмотренных документах, развитие инфраструктуры микромобильности и велокультуры связывают с потенциальным переходом части населения с использованием личных автомобилей с ДВС на средства индивидуальной мобильности, что способствует улучшению экологической ситуации в городе.

Программой заложено строительство 7 велопешеходных мостов.

На рис. 2 представлены фотографии реализованных на данный момент планов по развитию вело-сети в г. Иркутске.

Концепция пространственного развития города Иркутска представлена в двух вариантах: разных подходах двух консалтинговых бюро. Одна из концепций отмечает потенциал набережных города



Рис. 2. Велодорожка в Ленинском округе г. Иркутска¹

Таблица 4. Паспорт муниципального образования города Иркутска

	Документы, разрабатываемые в рамках целеполагания					Документ по стандартизации
	Стратегия социально-экономического развития	Генеральный план	Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ)	КСОД / КСОТ	Прочие документы долгосрочного планирования (целеполагающие)	Местные нормативы градостроительного проектирования
Наличие документа	1	1	1	0	1	1
Описание существующей велоинфраструктуры	0	0	1	0	0	Не предусмотрено
Предложения по развитию велоинфраструктуры	1	0,5	1	0	1	1
Основная функция велоинфраструктуры, описываемая в документе	Транспортная	Транспортная	Транспортная	0	Транспортная/рекреационная	Не предусмотрено

в качестве мест трассировки рекреационных веломаршрутов. Вторая заявляет о необходимости формирования велосипедного каркаса в увязке с развитием общественного транспорта. В обеих концепциях велотранспорту уделяется достаточно мало внимания в сравнении с общим объемом предлагаемых градостроительных перспектив.

Муниципальная программа «Развитие транспортной системы» не содержит никаких мероприятий по развитию инфраструктуры микромобильности.

Местные нормативы градостроительного проектирования содержат достаточно подробные расчетные показатели местных нормативов градостроительного проектирования, а также их обоснования.

В разделе обоснований документ ссылается на федеральные стандарты и на предложения велотранспортного союза города Иркутска. Норматив в полном объеме описывает все необходимые параметры при строительстве велосипедной инфраструктуры: характеристики велосипедных дорожек, назначение велосипедных полос, нормы расчета обеспеченности велопарковок и прочее.

В ходе выполнения последующих итераций анализа документов во всех отобранных муниципалитетах были сформированы оценочные паспорта подходов к внедрению велоинфраструктуры. Таким образом реализуется вариант перехода от качественных к количественным показателям. Так, например, за факт наличия оцениваемого пункта в конкретном

¹ URL: <https://www.gazetairkutsk.ru/irkutskaya-oblast/novyj-skverso-steloy-i-velodorozhkami-poyavilsya-v-irkutске-fotoreportazh-irk-today>

Таблица 5. Сводная характеристика положений о развитии велоинфраструктуры в документах целеполагания

	Документы, разрабатываемые в рамках целеполагания					Документ по стандартизации
	Стратегия социально-экономического развития	Генеральный план	Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры (ПКРТИ)	КСОДД/КСОТ	Прочие документы долгосрочного планирования (целеполагающие)	Местные нормативы градостроительного проектирования
Наличие документа	6	6	6	3	1	6
Описание существующей велоинфраструктуры	3	2	5	2	0	Не предусмотрено
Предложения по развитию велоинфраструктуры	4,5	5	4	3	1	4
Главная функция	Транспортная	Транспортная	Транспортная	Транспортная	Транспортная/рекреационная	Не предусмотрено

документе в одном муниципалитете можно присвоить 1 балл, при отсутствии — 0, в случае лишь формального обозначения вопроса без подробного описания каких-либо качественных или количественных характеристик — 0,5 балла (табл. 4).

Оценив в последующих шагах все прочие муниципалитеты, возможным вариантом оценки паспортов-характеристик проанализированных городов может стать сводная таблица с суммой баллов по наличию тех или иных структурных элементов положений стратегических документов с максимальным баллом, равным количеству рассмотренных муниципальных образований (табл. 5) [17–19].

В результате объединения характеристик положений отраслевых документов всех исследуемых муниципальных образований в единую таблицу можно выявить, что наиболее комплексный подход к формированию разделов по внедрению и развитию велоинфраструктуры свойственен узконаправленным отраслевым документам, специализированным на развитии транспортного комплекса: ПКРТИ и КСОДД. Однако Комплексная схема организации дорожного движения утверждена лишь в половине рассматриваемых городов, а Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры в меньшей степени фокусируется именно на предложениях и больше уделяет внимания характеристике существующего положения.

В свою очередь генеральные планы муниципальных образований в большей мере дают прогнозную характеристику, вносят предложения и задают цели по развитию велотранспорта в городах. Почти во всех рассмотренных экономических центрах регионов РФ в материалах по обоснованию изложены

в достаточно объемной форме видения по формированию велосипедной инфраструктуры. Данный фактор оценен в 5 баллов из 6 возможных. Напротив, характеристика существующего положения велотранспорта в городе раскрыта на низком уровне.

Показательным параметром стал критерий «наличия предложений» в локальных нормативах проектирования. В 2 из 6 случаев документ включает объемный перечень различных параметров, с разделением функций велотранспорта, а в 4 из 6 случаев описывает базовые значения из федерального нормирования.

Критерий обоснования муниципалитета развития велоинфраструктуры в большинстве документов всех рассмотренных городов оказался так или иначе связан с решением каких-либо транспортных проблем в городе. В некоторых случаях стратегии или программы также подчеркивают важность реализации инфраструктуры СИМ и для других целей, и все же самостоятельности прочих причин не замечено, они встречаются только в дополнение к обоснованию со стороны транспорта.

Проведенное исследование подтвердило схожесть подходов к целеполаганию в развитии велоинфраструктуры в документах стратегического планирования российских городов. Однако выявленные сходства носят поверхностный характер: несмотря на единые декларативные цели (транспортная разгрузка, экология, рекреация), ключевая проблема заключается в отсутствии системной методологии, адаптированной к региональным особенностям, игнорировании климатического фактора, влияющего на сезонность использования и рентабельность проектов, доминировании транспортной функции

без учета интеграции с общественным транспортом (например, велопарковки у остановок), а также в детализированной, но финансово не подкрепленной нормативной базе.

Выводы

Структурно исследуемые документы достаточно близки, хоть и присутствуют некоторые ключевые различия. В целом каждый из муниципалитетов так или иначе обозначает цель развития велоинфраструктуры как важного элемента создания благоприятных условий среды жизнедеятельности для развития человека в современном городе. Обоснования несколько разнятся, и все же встречаются единые элементы, такие как: экологизация городского микроклимата посредством сокращения использования автотранспорта, развитие рекреационных маршрутов и создание комфортных сценариев взаимодействия человека и СИМ в городе.

В частности, анализ показал, что наиболее высокий балл по критерию «наличие предложений» получили генеральные планы и местные норма-

тивы, что говорит о наличии потенциала для развития велоинфраструктуры на градостроительном уровне, в то время как описание существующей велоинфраструктуры наиболее полно представлено в программах развития транспортной инфраструктуры. При этом стоит отметить, что стратегии социально-экономического развития и прочие документы показали наименьший уровень детализации и конкретики в отношении велоинфраструктуры.

Формирование целей — это одна из наиболее высоких ступеней иерархии процесса внедрения инфраструктуры микромобильности. Важно системно подходить к вопросу задания курса развития того или иного города или региона.

На основе количественных и качественных критериев установлено, что постановка целей по развитию велоинфраструктуры в разных регионах страны действительно обладает схожестью. Дальнейшая разработка темы позволит сформировать новый единый подход к созданию целеполагающих документов стратегического, территориального и транспортного планирования, а также разработать единую методику.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Третьякова Е.А., Мирлюбова Т.В., Мыслякова Ю.Г., Шамова Е.А. Методический подход к комплексной оценке устойчивого развития региона в условиях экологизации экономики // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2018. Т. 17. № 4. С. 651–669. DOI: 10.15826/vestnik.2018.17.4.029
2. Астафьев С.А., Астафьева П.С. Влияние средств индивидуальной мобильности на повышение комфортности городской среды // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2024. Т. 26. № 1. С. 70–82. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-70-82. EDN DHEPVY.
3. Макаров А.Д., Седова А.В. Развитие велоспорта и строительство спортивных объектов как драйвер развития велоинфраструктуры города : сб. мат. XXXIII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов. 2022. С. 221–228. EDN ENYKWN.
4. Tsenkova S., Mahalek D. The impact of planning policies on bicycle-transit integration in Calgary // Urban, Planning and Transport Research. 2014. Т. 2. № 1. С. 126–146. DOI: 10.1080/21650020.2014.906910
5. Litman T.A. Pedestrian and bicycle planning: a guide to best practices. Victoria Transport Policy Institute (BC), 2000.
6. Pucher John, Ralph Buehler. Cycling towards a more sustainable transport future // Transport reviews. 2017. No. 37 (6). Pp. 689–694. DOI: 10.1080/01441647.2017.1340234
7. Buehler Ralph, John Pucher. Cycling for sustainable cities. MIT Press, 2021.
8. National Cycling Development Strategy of the Czech Republic. URL: <https://kramerius5.nkp.cz/>
9. Лептюхова О.Ю., Уткина М.А. Методика оценки эколого-экономического эффекта от использования низкоскоростных индивидуальных транспортных средств, на примере г. Серпухов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2019. № 3. С. 81–90. DOI: 10.21869/23-11-1518-2019-27-3-81-90. EDN ZAXNOV.
10. Трофименко Ю.В., Сова А.Н., Буренин В.В. О развитии велосипедного транспорта и транспортной велоинфраструктуры в городе Москве // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2013. № 4. С. 98–102. EDN RKPDRR.
11. Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года : Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р (ред. от 30.09.2022). URL: <https://admirk.ru/projects/element/142720/>
12. Стратегия социально-экономического развития города Иркутска на период до 2036 года. URL: <https://admirk.ru/projects/element/142720/>
13. Генеральный план муниципального образования город Иркутск. URL: <https://admirk.ru/sectors/stroitelstvo/generalnyy-plan-goroda/>

14. Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры города Иркутска на 2016–2030 годы. URL: <https://admirk.ru/authority/documents/element/100892/>
15. Концепция пространственного развития города Иркутска. URL: <https://admirk.ru/upload/iblock/0fe/0fe9503def689ae2d9d139e9ad735538.pdf>
16. Развитие транспортной системы : Муниципальная программа. URL: https://admirk.ru/authority/municipal_programs/element/100557/
17. Доржиева В.В., Ильина С.А. Оценка состояния содержательной сопряженности документов стратегического планирования социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности в рамках целеполагания (на примере Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации) // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11. № 5. DOI: 10.15862/67ECVN519
18. Борщевский Г.А. Оценка документов стратегического планирования на Дальнем Востоке // Управленческое консультирование. 2023. № 12 (180). С 50–63. DOI: 10.22394/1726-1139-2023-12-50-63
19. Бударова В.А., Халилов И.К. Анализ пространственного развития территории в условиях крайнего севера : сб. ст. II Нац. науч.-практ. конф. УГГУ. 2020. С. 253. EDN OBJQWR.

Об авторах: **Дмитрий Александрович Дьяченко** — инженер 2-й категории Транспортно-инженерного центра; **Научно-исследовательский и проектный институт Генерального плана города Москвы (ГАУ «Институт Генплана Москвы»)**; 125047, г. Москва, 2-я Брестская ул., д. 2/14; SPIN-код: 2338-0048, AuthorID: 1245043; e-mail: dyachenko.dmr@yandex.ru;

Алексей Владимирович Попов — доктор архитектуры, профессор, институт архитектуры и градостроительства; **Национальный исследовательский московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 5834-1870, AuthorID: 636234; e-mail: DA945@yandex.ru.

REFERENCES

1. Tretyakova E.A., Mirolyubova T.V., Myslyakova Yu.G., Shamova E.A. Methodological approach to a comprehensive assessment of sustainable development of the region in the context of greening the economy. *UrFU Bulletin. Series: Economics and Management*. 2018; 17(4):651-669. DOI: 10.15826/vestnik.2018.17.4.029 (rus.).
2. Astafiev S.A., Astafieva P.S. Influence of personal mobility devices on increasing the comfort of the urban environment. *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2024; 26(1):70-82. DOI: 10.31675/1607-1859-2024-26-1-70-82. EDN DHEPVY. (rus.).
3. Makarov A.D., Sedova A.V. *The development of cycling and the construction of sports facilities as a driver for the development of the city's cycling infrastructure : collection of materials of the XXXIII Republican exhibition-session of student innovation projects*. 2022; 221-228. EDN ENYKWN. (rus.).
4. Tsenkova S., Mahalek D. The impact of planning policies on bicycle-transit integration in Calgary. *Urban, Planning and Transport Research*. 2014; 2(1):126-146. DOI: 10.1080/21650020.2014.906910
5. Litman T.A. Pedestrian and bicycle planning: a guide to best practices. *Victoria Transport Policy Institute (BC)*. 2000.
6. Pucher John, Ralph Buehler. Cycling towards a more sustainable transport future. *Transport reviews*. 2017; 37(6):689-694. DOI: 10.1080/01441647.2017.1340234
7. Buehler R., Pucher J. *Cycling for sustainable cities*. MIT Press. 2021.
8. National Cycling Development Strategy of the Czech Republic. URL: <https://kramerius5.nkp.cz/>
9. Leptyukhova O.Yu., Utkina M.A. Methodology for assessing the ecological and economic effect from the use of low-speed individual vehicles, on the example of G. Serpukhov. *Biosphere compatibility: man, region, technologies*. 2019; 3:81-90. DOI: 10.21869/23-11-1518-2019-27-3-81-90. EDN ZAXNOV. (rus.).
10. Trofimenko Yu.V., Sova A.N., Burenin V.V. On the development of bicycle transport and transport bicycle infrastructure in the city of Moscow. *Bulletin of the Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)*. 2013; 4:98-102. EDN RKPDRR. (rus.).
11. On approval of the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the period up to 2025 : Decree of the Government of the Russian Federation No. 207-r of February 13, 2019 (as amended on September 30, 2022). URL: <https://admirk.ru/projects/element/142720/> (rus.).
12. Strategy for the socio-economic development of the city of Irkutsk until 2036. URL: <https://admirk.ru/projects/element/142720/> (rus.).
13. General plan of the municipal formation of the city of Irkutsk. URL: <https://admirk.ru/sectors/stroitelstvo/generalnyy-plan-goroda/> (rus.).

14. Comprehensive program for the development of transport infrastructure of the city of Irkutsk for 2016-2030. URL: <https://admirk.ru/authority/documents/element/100892/> (rus.).
15. Concept of spatial development of the city of Irkutsk. URL: <https://admirk.ru/upload/iblock/0fe/0fe9503def689ae2d9d139e9ad735538.pdf> (rus.).
16. Development of the transport system : Municipal program. URL: https://admirk.ru/authority/municipal_programs/element/100557/ (rus.).
17. Dorzhieva V.V., Ilyina S.A. Assessment of the coherence of strategic planning documents for socio-economic development and national security in goal-setting (on the example of the Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation). *Bulletin of Eurasian Science*. 2019; 11(5). DOI: 10.15862/67ECVN519 (rus.).
18. Borshchevskii G.A. Evaluation of strategic planning documents in the Far East. *Management consulting*. 2023; 12(180):50-63. DOI: 10.22394/1726-1139-2023-12-50-63 (rus.).
19. Budarova V.A., Khalilov I.K. *Analysis of spatial development of territories in the Far North : Collection of articles from the II National Scientific and Practical Conference*. UGGU. 2020; 253. EDN OBJQWR (rus.).

About the authors: **Dmitry A. Dyachenko** — Engineer of the 2nd category of the Transport and Engineering Center; **Research and Design Institute of the General Plan of the City of Moscow (State Autonomous Institution “Moscow General Plan Institute”)**; 2/14 2nd Brestskaya st., Moscow, 125047, Russian Federation; SPIN-code: 2338-0048, AuthorID: 1245043; e-mail: dyachenko.dmr@yandex.ru;

Alexey V. Popov — Doctor of Architecture, Professor, Institute of Architecture and Urban Planning; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 5834-1870, AuthorID: 636234; e-mail: DA945@yandex.ru.

АРХИТЕКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭТНОКУЛЬТУРНОГО ЦЕНТРА В СОСТАВЕ ЭТНОКУЛЬТУРНОГО ТУРИСТСКОГО КЛАСТЕРА В РЕСПУБЛИКЕ СЕВЕРНАЯ ОСЕТИЯ – АЛАНИЯ

Алана Александровна Токова¹, Любовь Арсеновна Солодилова^{1,2}

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация;

² Московский архитектурный институт (Государственная Академия) (МАРХИ); г. Москва, Российская Федерация

Проблема сохранения культурной идентичности регионов является особенно актуальной для Северного Кавказа и, в частности, для Республики Северная Осетия – Алания (РСО – Алания). Одним из способов ее решения является создание и развитие этнокультурных центров (ЭЦ) в составе этнокультурных туристских кластеров (ЭТК) на базе существующих исторических поселений. ЭЦ позволяют не только сохранять подлинность объектов культурного наследия, но и способствуют интеграции экономических и туристических процессов в регионе. В связи с этим создание сети взаимосвязанных между собой предприятий ЭЦ в составе ЭТК имеет большое значение для раскрытия социокультурного потенциала Северной Осетии с ее уникальной этнической и исторической самобытностью. Необходимость грамотной интеграции этнокультурных центров, входящих в состав ЭТК, в существующую историческую застройку обусловлена стремлением обеспечить их органичное встраивание в архитектурный ландшафт региона. Проведенные системные обследования сельских поселений Цымыты и Даллагкау позволили выявить особенности традиционного регионального строительства, что поможет избежать дисгармонии между новыми объектами и историческим средовым контекстом, обеспечить сохранность и эстетическую целостность среды. Целью данного исследования является архитектурное формирование концептуальных моделей этнокультурных центров для разных типов рельефа на территории РСО – Алания. Научная новизна состоит в выработке функциональных блоков перспективных типов ЭЦ, предложенных в определенной структурно-композиционной последовательности с учетом горных и предгорных условий размещения. Для достижения цели поставлены задачи: изучение природно-климатических, градостроительных, архитектурно-конструктивных и функционально-планировочных факторов, влияющих на формирование существующей вернакулярной архитектуры на территории РСО – Алания; выработка научно-практических предложений устойчивых типов этнокультурных центров и формирование концептуальных архитектурно-композиционных моделей этнокультурных центров в составе ЭТК в зависимости от региональных особенностей и традиций местности.

Ключевые слова: архитектура Республики Северная Осетия – Алания, этнокультурный туристский кластер, этнокультурный центр, вернакулярная архитектура, баиенная архитектура, «музей под открытым небом», Куртатинское ущелье

Для цитирования: Токова А.А., Солодилова Л.А. Архитектурные аспекты формирования этнокультурного центра в составе этнокультурного туристского кластера в Республике Северная Осетия – Алания // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 39–48. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.39-48

ARCHITECTURAL ASPECTS OF THE FORMATION OF AN ETHNOCULTURAL CENTER WITHIN THE ETHNOCULTURAL TOURISM CLUSTER IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA – ALANIA

Alana A. Tokova¹, Liubov A. Solodilova^{1,2}

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation;

² Moscow Institute of Architecture (State Academy) (MARCHI); Moscow, Russian Federation

The issue of preserving the cultural identity of regions is particularly relevant for the North Caucasus, and specifically for the Republic of North Ossetia – Alania (RNO – Alania). One of the ways to address this issue is through the creation and development of ethnocultural

centers (EC) within ethnocultural tourism clusters (ETC) based on the existing historic settlements. ETC not only help to preserve the authenticity of cultural heritage sites but also facilitate the integration of economic and tourism processes in the region. In this regard, the establishment of a network of interconnected EC enterprises as a part of ETC is crucial for unlocking the sociocultural potential of the Republic of North Ossetia – Alania with its unique ethnic and historical identity. The need for a thoughtful integration of ethnocultural centers within the ETC into the existing historical development arises from the desire to ensure their harmonious incorporation into the architectural landscape of the region. Systematic carried out surveys of rural settlements Tsymyti and Dallagkau made it possible to identify the features of traditional regional construction, which will help to avoid disharmony between new objects and the historical environmental context, to ensure the safety and aesthetic integrity of the environment.

The purpose of this study is the architectural formation of conceptual models of ethnocultural centers for different types of relief in the territory of RNO – Alania. The scientific novelty consists in the development of functional blocks of promising types of EC, proposed in a certain structural and compositional sequence, taking into account mountain and foothill conditions. To achieve the goal, the tasks are set: the study of natural-climatic, urban planning, architectural-structural and functional-planning factors affecting the formation of the existing vernacular architecture on the territory of RNO – Alania; development of scientific and practical proposals for stable types of ethnocultural centers and formation of conceptual architectural and compositional models of ethnocultural centers as part of the ETC, depending on regional features and traditions of the area.

Keywords: architecture of the Republic of North Ossetia – Alania, ethnocultural tourism cluster, ethnocultural center, vernacular architecture, tower architecture, “open-air museum”, Kurtatin Gorge

For citation: Tokova A.A., Solodilova L.A. Architectural aspects of the formation of an ethnocultural center within the ethnocultural tourism cluster in the Republic of North Ossetia – Alania. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1:39-48. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.39-48 (rus.).

Введение

Утвержденная распоряжением Правительства РФ «Стратегия развития туризма на территории Северо-Кавказского федерального округа до 2035 года» доказывает важность развития туризма в данном регионе и признание его потенциала как инструмента экономического развития и социокультурной интеграции [1]. Этнокультурный туризм предоставляет широкие возможности для знакомства и изучения уникальных особенностей этнической культуры в регионах, сохранения и передачи исторических традиций и знаний о мировоззрении культур различных национальных меньшинств [2, 3]. Создание этнокультурных центров на базе этнических поселений позволяет не только сохранять историческое наследие, но и привлекать туристов посредством организации музейных экспозиций и выставок [4], проведения гастрономических фестивалей, мастер-классов по изготовлению предметов народного творчества и другого.

Согласно определению А. Касимовой, «этнокультурный туристский кластер (ЭТК) представляет собой архитектурно-планировочную структуру, состоящую из различных элементов застройки, включая здания, сооружения, экспозиционные и ландшафтно-рекреационные пространства с необходимой транспортной и инженерной инфраструктурой, которые связаны с материальными и нематериальными культурными объектами и носителями этноса, предназначенную для обслуживания туристов» [5]. Таким образом, ЭТК включает в себя объекты туристского обслуживания, которые в совокупности с объектами вернакулярной архитектуры места формируют этнокультурный центр (ЭЦ).

Проектирование объектов ЭЦ, функциональное назначение которых информирование, распределение и первичное обслуживание гостей, не пред-

ставляется возможным без изучения и обобщения практического потенциала сложившихся на территории Северной Осетии вернакуляров, учитывающих самобытность и средовую составляющую поселений как оригинальных носителей культуры этноса [6–11]. Только изучение и творческое переосмысление характера и стилистики вернакулярной архитектуры в пределах выбранного региона поможет достоверно определить типологический архитектурно-художественный облик и национальную идентичность местного строительства объектов ЭЦ [12], которые по праву могут стать брендами территорий в рамках их конкурентно-репутационной составляющей. Однако несмотря на выгодное географическое положение Республики Северная Осетия – Алания (РСО – Алания), уникальное историко-культурное наследие, богатую природу и другое, существующий национальный потенциал для успешного развития экономики и туризма в регионе никак не используется [13]. Обеспечение высокого качества обслуживания гостей на территории ЭЦ в рамках туристско-рекреационного кластера РСО – Алания позволит, в первую очередь, раскрыть уникальный культурный опыт башенной архитектуры, которая олицетворяет не только величественный дух защитных в прошлом сооружений, но и является символом осетинской идентичности. Поэтому так важно при проектировании ЭЦ найти приемы гармонизации новых объектов с окружающей исторической средой. Для понимания границ первоочередного размещения ЭЦ в составе туристско-рекреационного кластера РСО – Алания, номенклатурного состава и расположения основных компонентов центра авторами статьи проведен анализ факторов влияния на архитектурно-планировочное и объемно-пространственное решение этнокультурных центров.

При этом использованы следующие **методы исследования**:

- анализ и обработка качественных характеристик объекта в результате анкетного опроса;
- метод картографического анализа, позволяющий систематизировать данные картографических материалов, использованных с помощью специальных геоинформационных систем (ГИС);
- анализ теоретических источников по заданной теме;
- натурный анализ, результаты которого представлены в виде фотофиксации.

Материалы исследования

Анализ показал, что приоритетным местом для размещения ЭЦ является территория этнических поселений в ущельях Северной Осетии, что обусловлено благоприятным сочетанием природных, исторических и культурных факторов. На территории республики можно выделить шесть основных ущелий: Алагирское, Куртатинское, Дигорское, Мамисонское, Цейское и Кармадонское.

В качестве объекта исследования нами было выбрано Куртатинское ущелье на основе следующих данных *социально-экономического* анализа:

- в ходе проведения авторами анкетирования жителей и гостей республики было выявлено, что Куртатинское ущелье считается наиболее привлекательным местом для туристов из-за обилия старинных родовых, оборонительных и боевых башен и других достопримечательностей [14];
- на территории ущелья зарегистрированы исторические объекты культурного наследия (ОКН) в количестве 61, из которых 50 — федерального значения и 11 регионального. К ним относятся фамильные склепы, боевые и сторожевые башни, архитектурные ансамбли и объекты сакральной архитектуры [15];
- градостроительный анализ Куртатинского ущелья позволил на территории Фиагдонского сельского поселения обнаружить остатки 11 этнических территорий с традиционной башенной архитектурой, датируемой XIV в. [15, 16]. Эти поселения могут стать базой для создания ЭЦ, так как в башенных объектах сосредоточена

уникальная энергетика, отражающая культурно-историческое наследие местности.

Анализ *градостроительных условий* организации поселений Куртатинского ущелья учитывал такие факторы, как потенциальное воздействие опасных природных явлений, микроклимат, удобное стратегическое расположение, близость к водным источникам и пастбищам, наличие плодородных почв и лесных массивов, а также положительная сакральная характеристика конкретного места [17]. Природно-ландшафтной основой традиционных поселений служили скалистые склоны, террасы у рек и конусы выноса межгорных ущелий, что обуславливает разнообразие объемно-пространственных и композиционных решений.

Анализ *пространственной* организации существующих этнических поселений, расположенных преимущественно на склонах гор или в предгорьях, показал, что Куртатинское ущелье выделяется значительно более высокой степенью сохранности среди других ущелий Северной Осетии. Выбранные для исследований поселения Цымыты и Даллагкау Куртатинского ущелья обладают уникальными природными зонами, историческими и декоративно-художественными традициями (рис. 1). Но, несмотря на относительную географическую близость поселений и сопоставимые подходы к системам расселения вдоль русел горных рек, все же требования к организации ЭЦ на этих территориях могут отличаться из-за особенностей ландшафтно-климатических и геопластических характеристик горного и предгорного типов рельефов.

Природно-климатические условия — тип климата, рельеф, температурно-влажностные и ветровые характеристики относятся к определяющим факторам влияния на архитектурно-планировочное и объемно-пространственное решение ЭЦ (табл.) [18, 19]. Территории горных районов обладают наибольшей градостроительной ценностью благодаря высокой несущей способности грунта, защите от паводков, постоянной циркуляции воздушных масс и комфортным температурным и радиационным условиям, что всегда способствовало активному использованию этих территорий под застройку. При этом в горной части региона можно отметить значительные перемещения воздушных масс, которые

Природно-климатические условия Северной Осетии

Тип климата	Температура воздуха	Преобладающее направление ветра	Тип рельефа
Умеренно континентальный. Равнинная часть: более мягкий климат с увеличенным количеством осадков. Горная часть: с обильными осадками и меньшими амплитудами температурных изменений [13]	Среднеянварская в горных районах и предгорьях $-4,3$; среднеиюльская $+17,5$; количество осадков — 958 мм [18]	Горно-долинные ветры: Ю-З в январе, в июле — С-З [19], наблюдаются фёны — нисходящие ветры с увеличением температуры воздуха и понижением влажности [18]	Склоны горы или предгорья [18]

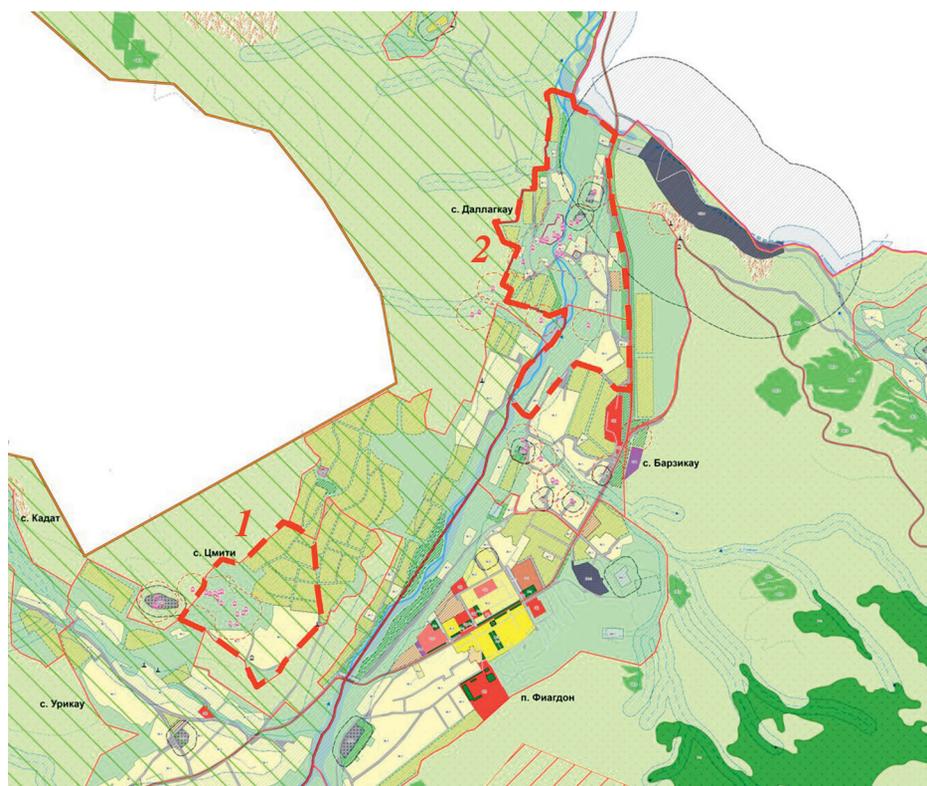


Рис. 1. Фрагмент Правил землепользования и застройки (ПЗЗ) Куртатинского ущелья (Фиагдонское СП): 1 — с. Цымыты; 2 — с. Далагкау [16]

необходимо учитывать в защитных мероприятиях по минимизации неблагоприятного воздействия холодных температур и ветра на здания. В то же время природно-климатические характеристики предгорий характеризуют более мягкие условия, что дает достаточно возможностей для широкой маневренности объемно-пространственных решений с применением линейных или компактных, лучевых, разветвленных или групповых композиционно-планировочных схем. На склонах среднегорья используются террасные структуры, а для относительно ровных участков рельефа характерна свободная усадебная застройка.

Функционально-планировочные условия различных уровней формирования жилища продиктованы национальными обычаями, влияющими на их пространственное распределение и иерархическую структуру в соответствии с представлениями о нормах социального поведения. Для них характерно:

- деление традиционного жилища горцев на правую «мужскую» и левую «женскую» части с помощью основных элементов: центрального столба или очага с надочажной цепью, символизирующих единство противоположных понятий мужчины и женщины, где есть место и хозяину, и гостю [20];
- очаг и центральный столб являются ключевым символом традиционного жилища горцев, сакральное значение которого происходит от древнейшего языческого мифологического

культа солнца. Этот культ встречается в народном творчестве всех народов Северного Кавказа, что подчеркивает его историческую и культурную важность;

- размещение гостей-незнакомцев в кунацкой (отдельно стоящем доме) объясняет мудрость традиций народов Северного Кавказа, определяющих торжественный прием гостя как «посланника Бога».

Архитектурно-конструктивные и технологические, и даже *стилевые особенности* строительства во многом определяются климатом и типом рельефа. В зависимости от горного и предгорного рельефа, а также доступных строительных материалов в древности формировались дома-башни в горных районах, которые датированы XIV в., в то время как предгорные начали строить лишь в XVIII в. [21].

Натурный анализ древних домов-башен горного поселения Цымыты показал, что основным строительным материалом для жилищ служили обломки скального плитняка [22], характеризующегося высокой механической прочностью и устойчивостью к сильным ветровым нагрузкам, а также хорошей теплоэффективностью. Массивные каменные стены способствовали сохранению тепла внутри помещений в зимний период и поддержанию прохлады летом, создавая комфортные условия для проживания на протяжении всего года (рис. 2, а). Сужение кверху башен придает конструкции дополнитель-



Рис. 2. Примеры вернакулярной застройки с. Цымыти: *a* — жилая постройка из камня, верхняя часть сложена насухо из более мелких камней; *b* — жилищно-оборонительный комплекс Бесаевых; *c* — жилая башня Дарчиевых (фотофиксация А. Токовой)



Рис. 3. Примеры вернакулярной застройки с. Даллагкау: *a* — каменные стены жилой постройки с внедрением деревянных конструкций; *b* — вид на усадьбную застройку; *c* — жилая постройка с более масштабными оконными проемами (фотофиксация А. Токовой)

ную устойчивость от воздействия ветра и облегчает сток дождевой воды и снега [23] (рис. 2, *b*). Кроме того, сужение кверху имеет символическое значение, отражая стремление к небу или духовное возвышение, что часто встречается в архитектуре раз-

личных культур. Окна в жилищах горных районов Северной Осетии имеют небольшие размеры, сохраняя тепло, защищая от ветра и непогоды, а также обеспечивают безопасность, затрудняя проникновение внутрь (рис. 2, *c*).

Натурный анализ остатков этнического поселения Даллагкау показал, что на равнинно-предгорных территориях осетины использовали для строительства как камень, так и древесину, что обусловлено наличием этих ресурсов в регионе (рис. 3, *a*). Так как в данных местах отсутствовали такие сильные ветры, как в горной местности, конструкции делали более легкими и гибкими, а природные и социально-экономические факторы обусловили усадьбную застройку. Каждый дом располагался на отдельном участке земли, что позволяло жителям автономно заниматься сельским хозяйством и животноводством, обеспечивая самодостаточность жизнедеятельности каждой семье (рис. 3, *b*). В домах большие окна не были редкостью благодаря более мягкому климату, что способствовало более эффективному естественному освещению и вентиляции, а также связи интерьеров с природой (рис. 3, *c*).

Результаты исследования

В результате анализа природно-климатических и градостроительных особенностей региона РСО – Алания выявлена необходимость:

- адаптации объемно-планировочных решений ЭЦ с использованием террасных структур в условиях горных склонов и свободной усадьбной застройки на предгорьях, а также применение традиционной для осетинской архитектуры формы усеченной пирамиды верхней части зданий, что позволяет уменьшить ветровые нагрузки на конструкцию;
- выбора структуры расселения с компактной центрально-планировочной композицией объемов блокированной террасной застройки в условиях горных склонов, что поможет минимизировать теплопотери за счет снижения общей площади наружных стен и использования герметичных конструкций, чтобы защитить внутренние пространства от холода;
- выбора структуры расселения с блочной (усадьбной, павильонной) композицией объемов в условиях предгорий склонов, что способствует формированию компактно-разветвленных планировочных схем поселений;
- выбора материалов с соответствующей устойчивостью к климату, защиты кровли за счет оптимального угла наклона, а также карнизов, стен и окон от попадания влаги, установки дренажных систем и другого. При этом важно подчеркнуть, что к выбору материалов необходимо подходить тщательно с учетом полного органического единства с эстетикой и «духом» места.

В результате анализа *архитектурно-конструктивных* и *эстетических* особенностей региона РСО – Алания выявлена необходимость использова-

ния местного камня для строительства как в горных районах, так в предгорьях. Учитывая более мягкие климатические условия, возможно использовать не только камень, но и древесину. При этом традиционные приемы строительства в горных районах учитывают небольшие параметры оконных проемов с целью минимизации теплопотерь и большие окна в предгорьях для лучшего освещения и вентиляции. С этим трудно не согласиться, но следует добавить, что сегодня появились технологии применения полнотелого стеклянного кирпича в строительстве, который благодаря своей прозрачности, повышенным теплотехническим свойствам и фактуре идеально подходит в качестве отражающей поверхности исторического архитектурного ландшафта практически в любых природно-климатических условиях. Для производства кирпичей из стекла используют высокотехнологичные лазеры и УФ-лампы. Такое стекло только кажется хрупким, но на самом деле испытания на прочность показали, что эти конструкции прочнее бетона. Например, стеклянный наличник может выдержать усилие более 40 кН, что примерно равно двум полноразмерным внедорожникам [24, 25].

В результате анализа *функционально-планировочных особенностей* региона РСО – Алания выявлена необходимость использования традиционного деления внутреннего пространства ЭЦ на мужскую и женскую половины с обязательным предметно-пространственным наполнением в виде «Центрального столба и очага».

С учетом выявленных рекомендаций и на примере соответствующих поселений выработаны следующие принципиальные положения для проектирования этнокультурных центров (ЭЦ):

- функциональные и архитектурно-композиционные схемы проектирования ЭЦ для горного (на базе с. Цымыти) и предгорного типа (на базе с. Даллагкау) размещения (рис. 4);
- концептуальные модели этнокультурного центра: террасная — для горного типа размещения и блочная — для предгорного типа размещения (рис. 5).

Обсуждение

На основе проведенного анализа установлено, что дома у осетин могли отличаться размерами, количеством комнат, внутренним убранством, но ни одно жилище не обходилось без родового очага, который, как было упомянуто ранее, располагался в центре дома. В современном контексте роль очага может выполнять каминная зона, размещаемая в центральной части помещения. Подобное расположение продолжает традицию деления пространства на «женскую» и «мужскую» стороны, что

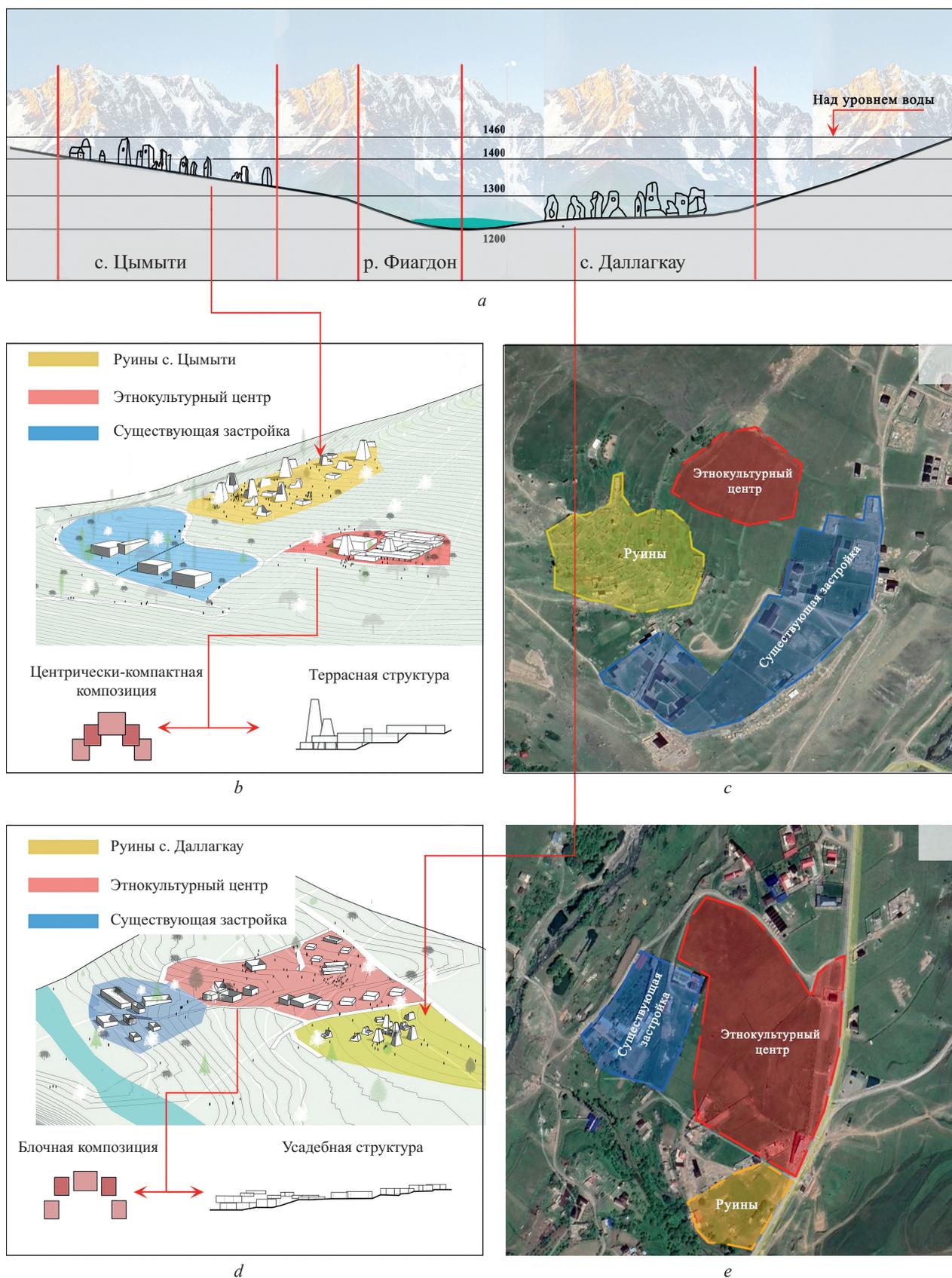


Рис. 4. Объемно-пространственное моделирование ЭЦ на выбранных территориях близ с. Цымыти и с. Даллагкау: *a* — разрез рельефа местности с профилем высот и обозначением границ поселений; *b* — схема террасного решения ЭЦ для местности горного типа; *c* — схема функционального зонирования территории близ с. Цымыти; *d* — схема блочного решения ЭЦ для местности предгорного типа; *e* — схема функционального зонирования территории близ с. Даллагкау

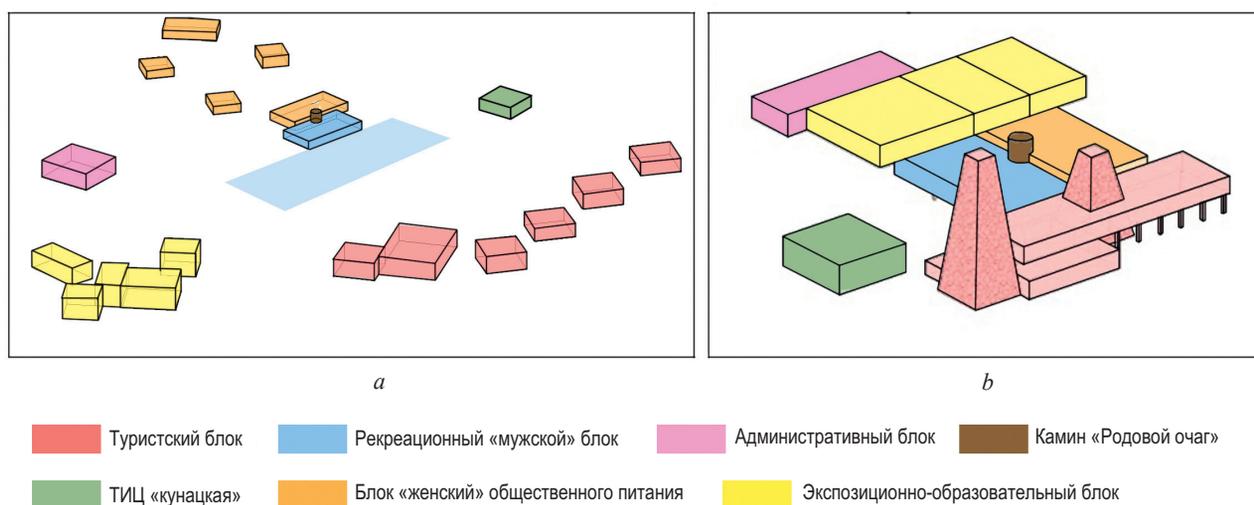


Рис. 5. Концептуальные модели этнокультурного центра: *a* — блочная — для предгорного типа размещения; *b* — террасная — для горного типа размещения

свидетельствует о сохранении культурных и социальных норм, присущих осетинскому обществу.

В осетинском доме «мужская» зона традиционно ассоциировалась с местом отдыха, где глава семьи проводил время после длительных охотничьих вылазок. В противоположность этому, «женская» часть дома представляла собой кухонное пространство, в котором хозяйка занималась приготовлением пищи для членов семьи. В контексте организации ЭЦ эти зоны сохраняют свои исходные позиции.

Таким образом, ЭЦ как целостный архитектурно-пространственный элемент эстетической и функциональной организации застройки состоит из следующих блоков:

- туристский с торговыми зонами;
- административный;
- блок общественного питания;
- экспозиционно-образовательный блок.

Как видно из предложенных моделей, развитие перспективных ЭЦ представляется целесообразным с учетом внедрения экспозиционно-образовательных функций, предполагающих организацию мастер-классов по развитым еще с древности у осетин ремеслам (ткачество, кузнечное дело, гончарное дело, столярное дело и т.д.).

В туристский блок входят торговые точки и гостиничные места для размещения туристов.

Туристско-информационный центр (ТИЦ) представляет собой обособленное здание, функционально напоминающее «кунацкую» осетин, так как его работа не зависит от основного комплекса и обеспечивает круглосуточный доступ к необходимой информации для посетителей.

Заключение

В результате исследований национальных особенностей башенных комплексов Северной Осетии и традиционных приемов строительства вернакулярных сельских поселений региона можно сделать следующие выводы:

- выявлены градостроительные, функционально-планировочные, природно-климатические и архитектурно-конструктивные требования и характеристики элементов ансамблевой композиции ЭЦ в его историческом контексте;
- предложены рекомендации к формированию этнокультурных центров на территории РСО – Алания в зависимости от типа рельефа;
- разработаны функционально-планировочные и объемно-пространственные концептуальные модели по номенклатуре основных блоков и зон рекомендуемых этнокультурных центров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Золотарева Ю.В. Детерминанты развития туристского кластера в Северо-Кавказском и Горно-Кавказском рекреационных районах // Социальная и экономическая география. 2023. № 4. С. 56–67.
2. Бутузов А.Г. Этнокультурный туризм : учебное пособие. М. : КНОРУС, 2013. 248 с.
3. Anderson B. Ethnic Tourism: A Cross-Cultural Exploration // Journal of Tourism and Cultural Change. 2016. Vol. 14. No. 3. Pp. 235–251. DOI: 10.1080/14766825.2016.1141432
4. Вайник П.М. Этнотуризм как форма межэтнического взаимодействия на севере Республики Карелия : выпускная квалификационная работа. Санкт-Петербургский государственный университет, 2023. С. 9. URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/42280/2/VKR_ (дата обращения: 18.08.2024).

5. Банцеровва О.Л., Касимова А.Р. Архитектурные аспекты формирования типологической структуры этнокультурных туристских кластеров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 8. С. 67–76. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-67-76
6. Иванов А. Архитектура без архитектора. Вернакулярные районы городов мира. М. : Слово/Slovo, 2023.
7. Oliver P. Vernacular Architecture : a Global Overview. London : Thames & Hudson, 2018. 320 p.
8. Asquith L., Vellinga M. Vernacular Architecture in the 21st Century: Theory, Education and Practice. London : Taylor & Francis, 2019. 256 p.
9. Mileto C., Vegas F., Garcia Soriano L., Cristini V. Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future. Boca Raton : CRC Press, 2017. 384 p.
10. Correia M., Carlos G., Rocha S. Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development. Boca Raton : CRC Press, 2019. 320 p.
11. Vellinga M. Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World. London : Bloomsbury Publishing, 2020. 1024 p.
12. Касимова А.Р. Архитектурное формирование этнокультурных туристских кластеров на примере Российско-Казахстанского приграничного региона : автореф. дис. ... канд. архитектуры. Нижний Новгород, 2021. 29 с.
13. Тимошкина Н.В. Географическая характеристика, климат и природные ресурсы Северной Осетии : монография. Ульяновск : Зебра, 2020. 56 с.
14. Анкета «Ревитализация заброшенных горных поселений Северной Осетии для организации музейно-этнографического комплекса». URL: <https://forms.gle/12sTQGB8Qj44vahR7>
15. Кусов Г.И. По Куртатинскому ущелью. Орджоникидзе : ИП, 1972. 132 с.
16. Карта градостроительного зонирования Фиагдонского СП. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitiye/fgis_tp/ (дата обращения: 05.05.2024).
17. Сидельникова Е.В. Архитектурно-композиционные особенности формирования поселений в горных районах Северной Осетии : дис. ... канд. Архитектуры. СПб., 2004. 176 с.
18. Климат и климатические ресурсы. Республика Северная Осетия – Алания. URL: <https://alania.gov.ru/republic/nature/climate> (дата обращения: 12.12.2024).
19. Роза ветров в РСО – Алания // MeteoCast. URL: <https://ru.meteocast.in/windrose/ru/vladikavkaz/> (дата обращения: 12.12.2024).
20. Сулименко С.Д. Башни Северного Кавказа (символизация пространства в домостроительном творчестве горцев). Владикавказ, 1997. 150 с.
21. Калоев Б.А. Осетины: историко-этнографическое исследование // Российская акад. наук, Ин-т этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая. Изд. 5-е, стер. М. : Наука, 2015. 471 с.
22. Осетинская архитектура // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Осетинская_архитектура (дата обращения: 12.12.2024).
23. Кобычев В.П. Старинные культовые сооружения Северного Кавказа как источник по истории жилища края. М. : Наука, 1977. С. 97–105.
24. ArchDaily. Crystal Houses // MVRDV–2008. Проект Crystall House. URL: <https://www.archdaily.com/785923/crystal-houses-mvrdv>
25. Сайт проектного бюро MVRDV // Хрустальный дом–2005. URL: <https://www.mvrdv.com/projects/240/crystal/>

Об авторах: Алана Александровна Токова — магистрант по специальности «Архитектура»; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: kdtalana@mail.ru;

Любовь Арсеновна Солодилова — кандидат архитектуры, доцент, доцент кафедры «Архитектура»; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; профессор кафедры «Архитектурная практика»; **Московский архитектурный институт (Государственная Академия) (МАРХИ)**; 107031, г. Москва, ул. Рождественка, д. 11/4, корп. 1, стр. 4; e-mail: usero@mail.ru.

REFERENCES

1. Zolotareva Yu.V. Determinants of the Development of the Tourist Cluster in the North Caucasian and Mountain Caucasian Recreational Areas. *Social and Economic Geography*. 2023; 4:56-67. (rus.).
2. Butuzov A.G. *Ethnocultural Tourism : textbook*. Moscow, KNORUS, 2013; 248. (rus.).

3. Anderson B. Ethnic Tourism: A Cross-Cultural Exploration. *Journal of Tourism and Cultural Change*. 2016; 14(3):235-251. DOI: 10.1080/14766825.2016.1141432
4. Vainik P.M. *Ethnotourism as a Form of Interethnic Interaction in the North of the Republic of Karelia : Graduation Qualification Work*. Saint Petersburg State University, 2023; 9. URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/42280/2/VKR_ (accessed: 18.08.2024). (rus.).
5. Bantserova O.L., Kasimova A.R. Architectural Aspects of the Formation of the Typological Structure of Ethnocultural Tourist Clusters. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2021; 8:67-76. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-8-67-76 (rus.).
6. Ivanov A. *Architecture Without Architects. Vernacular Areas of World Cities*. Moscow, Slovo/Slovo, 2023. (rus.).
7. Oliver P. *Vernacular Architecture : a Global Overview*. London, Thames & Hudson, 2018; 320.
8. Asquith L., Vellinga M. *Vernacular Architecture in the 21st Century: Theory, Education and Practice*. London, Taylor & Francis, 2019; 256.
9. Mileto C., Vegas F., García Soriano L., Cristini V. *Vernacular Architecture: Towards a Sustainable Future*. Boca Raton, CRC Press, 2017; 384.
10. Correia M., Carlos G., Rocha S. *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustainable Development*. Boca Raton, CRC Press, 2019; 320.
11. Vellinga M. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. London, Bloomsbury Publishing, 2020; 1024.
12. Kasimova A.R. *Architectural Formation of Ethnocultural Tourist Clusters: On the Example of the Russian-Kazakh Border Region : abstract of the Dissertation for the Degree of Candidate of Architecture*. Nizhny Novgorod, 2021; 29. (rus.).
13. Timoshkina N.V. *Geographical Characteristics, Climate and Natural Resources of North Ossetia : monograph*. Ulyanovsk, Zebra, 2020; 56. (rus.).
14. Questionnaire “Revitalization of Abandoned Mountain Settlements of North Ossetia for the Organization of a Museum-Ethnographic Complex”. URL: <https://forms.gle/12sTQGB8Qj44vahR7> (rus.).
15. Kusov G.I. *Through the Kurtatinsky Gorge*. Ordzhonikidze, IR, 1972; 132. (rus.).
16. Urban Planning Zoning Map of Fiagdon SP. URL: https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/fgis_tp/ (accessed: 05.05.2024) (rus.).
17. Sidelnikova E.V. *Architectural and Compositional Features of Settlement Formation in the Mountainous Regions of North Ossetia : dissertation of Candidate of Architecture*. SPb., 2004; 176. (rus.).
18. Climate and Climatic Resources. Republic of North Ossetia-Alania. URL: <https://alania.gov.ru/republic/nature/climate> (accessed: 12.12.2024). (rus.).
19. Wind Rose in RSO-Alania. *MeteoCast*. URL: <https://ru.meteocast.in/windrose/ru/vladikavkaz/> (accessed: 12.12.2024). (rus.).
20. Sulimenko S.D. *Towers of the North Caucasus (Symbolization of Space in the House-Building Creativity of the Highlanders)*. Vladikavkaz, 1997; 150. (rus.).
21. Kaloev B.A. Ossetians : Historical and Ethnographic Research. *Russian Academy of Sciences, Institute of Ethnology and Anthropology named after N.N. Miklukho-Maklai. 5th ed., stereotype*. Moscow, Nauka, 2015; 471. (rus.).
22. Ossetian Architecture. *Wikipedia*. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Осетинская_архитектура (accessed: 12.12.2024). (rus.).
23. Kobychiev V.P. *Ancient Cult Structures of the North Caucasus as a Source on the History of Housing in the Region*. Moscow, Nauka, 1977; 97-105. (rus.).
24. ArchDaily. Crystal Houses. *MVRDV–2008. Project Crystal House*. URL: <https://www.archdaily.com/785923/crystal-houses-mvrdv/>
25. MVRDV Project Bureau Website. *Crystal House–2005*. URL: <https://www.mvrdv.com/projects/240/crystal/>

About the authors: **Alana A. Tokova** — Master student of the first course in Architecture department; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: kdalana@mail.ru;

Liubov A. Solodilova — Candidate of architecture, associate professor (academic status), associate professor of the Department of Architecture (job title); **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Professor of the Department of Architectural practice; **Moscow Institute of Architecture (State Academy) (MARCHI)**; 11/4, building 1, building 4 Rozhdestvenka st., Moscow, 107031, Russian Federation; e-mail: usepo@mail.ru.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА УРБАНИЗИРОВАННЫЕ ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Анна Евгеньевна Коробейникова, Алина Руслановна Хазбулатова

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

Актуальность исследования обусловлена глобальными изменениями климата, происходящими на территории Российской Федерации, а именно в Краснодарском крае. Регион, благодаря своему уникальному географическому положению и природным условиям, особенно уязвим к воздействию климатических изменений. Авторы рассматривают влияние естественных и антропогенных факторов, оказывающих значительное воздействие на окружающую среду и социально-экономическое развитие региона. Выявление наиболее подверженных риску районов, а также изучение особенностей изменений климата и их последствий имеет важное значение для обеспечения устойчивого развития Краснодарского края. Разработка эффективных стратегий адаптации и снижения негативных последствий климатических изменений в наиболее подверженных влиянию изменения климата районах является одной из приоритетных задач как для региона, так и в глобальном масштабе. Южный федеральный округ (ЮФО) — это один из наиболее уязвимых к изменению климата регионов России. Его географическое положение, разнообразие природных условий и высокая зависимость экономики от сельского хозяйства, туризма и водных ресурсов делают его особенно чувствительным к климатическим изменениям. Оценка изменений климата в ЮФО — это важная задача, которая требует учета уникальных особенностей региона. Использование общих подходов без адаптации к местным условиям может привести к недооценке рисков и неэффективности мер адаптации. Разработка специализированных методик и стратегий, основанных на локальных данных и исследованиях, является ключевым шагом для устойчивого развития региона в условиях меняющегося климата.

Цель. Выявление наиболее подверженных изменению климата муниципальных районов Краснодарского края Российской Федерации, разработка рекомендаций по адаптации и снижению влияния изменения климата на наиболее подверженные риску районы во избежание негативных последствий изменения климата.

Задачи. Анализ влияния природной и антропогенной нагрузки на районы Краснодарского края, разработка методики оценки рисков воздействия изменения климата, а также подготовка рекомендаций по адаптации и снижению влияния изменения климата на наиболее подверженные риску районы.

Материалы и методы. При анализе влияния природной и антропогенной нагрузки на изменение климата был проведен сбор материалов из открытых источников для определения ключевых факторов влияния на изменения климата и, как следствие, последствия для региона. Ключевые методы, применяемые в исследовании: аналитический метод, детерминированный факторный анализ, геоинформационный анализ данных и ГИС-моделирование.

Результаты. Разработанная методика оценки позволила выявить степень природной и антропогенной нагрузки, которые влияют на изменение климата в Краснодарском крае, а также разработать рекомендации и предложения по адаптации и снижению влияния изменения климата на наиболее подверженные риску районы.

Выводы. Изменение климата оказывает значительное влияние на Краснодарский край, особенно на МО город Армавир, МО город Краснодар, МО город-герой Новороссийск, Мостовский, Отраденский, Туапсинский, Темрюкский, МО город-курорт Сочи. Для снижения рисков необходимы комплексные меры: модернизация инфраструктуры, восстановление экосистем, внедрение экологически чистых технологий и регулирование туристической нагрузки. Эти шаги позволят минимизировать негативные последствия, сохранить природные ресурсы и обеспечить устойчивое развитие региона, защищая его экономический и экологический потенциал для будущих поколений.

Ключевые слова: изменение климата, Южный федеральный округ, Краснодарский край, антропогенная нагрузка, природная нагрузка, оценка рисков, адаптация

Для цитирования: Коробейникова А.Е., Хазбулатова А.Р. Методика оценки рисков воздействия изменения климата на урбанизированные территории Южного федерального округа с использованием детерминированного факторного анализа // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 49–64. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.49-64

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE RISKS OF CLIMATE CHANGE IMPACT ON URBANISED TERRITORIES IN THE SOUTHERN FEDERAL DISTRICT USING DETERMINISTIC FACTOR ANALYSIS

Anna E. Korobeinikova, Alina R. Khazbulatova

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

The relevance of the study is due to global climate change occurring in the Russian Federation, specifically in the Krasnodar Region. The region, due to its unique geographical location and natural conditions, is particularly vulnerable to the impact of climate change. The authors consider the impact of natural and anthropogenic factors that have a significant impact on the environment and socio-economic development of the region. Identifying the most at-risk areas, as well as studying the specifics of climate change and its consequences, is important for ensuring the sustainable development of the Krasnodar Region. Developing effective strategies for adapting to and mitigating the negative impacts of climate change in the areas most exposed to climate change is a priority both for the region and globally. The Southern Federal District is one of the most vulnerable to climate change in Russia. Its geographical location, diversity of natural conditions and high economic dependence on agriculture, tourism and water resources make it particularly sensitive to climate change. Assessing climate change in the Southern Federal District is an important task that requires taking into account the unique characteristics of the region. Using general approaches without adaptation to local conditions can lead to underestimation of risks and ineffective adaptation measures. Developing specialised methodologies and strategies based on local data and research is a key step for sustainable development of the region in a changing climate.

Purpose. To identify the most climate change-prone municipal districts of the Krasnodar Region of the Russian Federation, to develop recommendations on adaptation and mitigation of climate change impact on the most at-risk districts in order to avoid negative consequences of climate change.

Objectives. Analyzing the impact of natural and anthropogenic pressures on the Krasnodar Region's districts, developing a methodology for assessing the risks of climate change impacts, and preparing recommendations for adapting and reducing the impact of climate change on the most at-risk districts.

Materials and methods. In analyzing the impact of natural and anthropogenic pressures on climate change, open-source materials were collected to identify the key influencing factors on climate change and the resulting impact on the region. Key methods used in the study: analytical method, deterministic factor analysis, geo-information data analysis and GIS modelling.

Results. The developed assessment methodology made it possible to identify the degree of natural and anthropogenic pressures that affect climate change in the Krasnodar Region, and to develop recommendations and proposals for adapting and reducing the impact of climate change on the most at-risk areas.

Conclusions. Climate change has a significant impact on the Krasnodar Region, especially on the municipalities of Armavir, Krasnodar, Novorossiysk, Mostovskiy, Otravnenskiy, Tuapse, Temryukkiy and Sochi. To reduce risks, comprehensive measures are needed: modernisation of infrastructure, restoration of ecosystems, introduction of environmentally friendly technologies and regulation of tourist load. These steps will minimise negative impacts, preserve natural resources and ensure sustainable development of the region, protecting its economic and environmental potential for future generations.

Keywords: climate change, Southern Federal District, Krasnodar Krai, anthropogenic pressure, natural pressure, risk assessment, adaptation

For citation: Korobeinikova A.E., Khazbulatova A.R. Methodology for assessing the risks of climate change impact on urbanised territories in the Southern federal district using deterministic factor analysis. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1:49-64. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.49-64 (rus.).

Введение

Глобальное изменение климата стало одной из наиболее значимых экологических проблем современности. Повышение температуры атмосферного воздуха, ускоренное таяние ледников и увеличение частоты экстремальных погодных явлений — все это свидетельствует о масштабных изменениях, происходящих на планете. Согласно докладом Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC), с начала XX в. средняя температура на Земле выросла более чем на 1,1 °C и скорость этого процесса продолжает увеличиваться [1]. Несмотря на то что существуют и естественные факторы изменения климата, основной причиной

глобального изменения климата остается активная антропогенная деятельность и урбанизация.

Современные климатические изменения ярко выражены на территории России, включая Южный федеральный округ (ЮФО), в частности Краснодарский край, в котором темпы повышения температуры превышают среднемировые показатели [2]. За последние 50 лет среднегодовая температура в регионе увеличилась на 1,5 °C, причем наиболее значительное потепление наблюдается в зимние месяцы [3]. Кроме того, рост количества экстремальных погодных явлений, таких как ливни, засухи и природные пожары, оказывает влияние на экосистемы, инфраструктуру и качество жизни населения [4]. Климатические изменения в Краснодарском крае обусловлены как природными, так

и антропогенными факторами. Природные процессы, такие как изменения в режиме осадков, повышение температуры и сейсмическая активность, усугубляются антропогенной нагрузкой, включая выбросы от промышленных предприятий, урбанизацию и интенсивный туристический поток [5].

В условиях нарастающих климатических рисков перед специалистами встает задача разработки эффективных стратегий адаптации городов к изменению климата. Адаптация и минимизация последствий изменений климата более чем актуальна для России, в том числе для Краснодарского края. Реализация таких мер не только поможет смягчить влияние климатических изменений, но и обеспечит устойчивое развитие региона, что имеет стратегическое значение как на региональном, так и на федеральном уровне.

Материалы и методы

В ходе данного исследования был проведен сбор материалов из открытых источников для выявления факторов, наиболее влияющих на изменение климата в РФ. Основные природные факторы глобального изменения климата включают в себя:

- географическое положение и климатическую уязвимость. Территория России занимает значительные площади в северных широтах, что обуславливает ее особую чувствительность к изменениям температуры. Арктические и субарктические зоны особенно подвержены глобальному потеплению, где температура растет в 2–2,5 раза быстрее, чем в среднем по планете¹;
- протаивание вечной мерзлоты. Около 65 % территории России покрыто вечной мерзлотой. В результате повышения среднегодовой температуры происходят необратимые процессы протаивания, что приводит к выбросам углекислого газа и метана из ранее замороженных почв [6]. Эти газы усиливают парниковый эффект, внося дополнительный вклад в изменение климата;
- роль лесов. Тайга, занимающая более 50 % территории страны, является ключевым природным механизмом поглощения углекислого газа [7]. Однако из-за роста лесных пожаров, вырубки лесов и деградации экосистем способность лесов выполнять эту функцию снижается, что способствует росту концентрации CO₂ в атмосфере.

¹ Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб. : Научно-технические технологии, 2022. 124 с. URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/compressed.pdf

Основными антропогенными факторами глобального изменения климата являются:

- сжигание ископаемого топлива. Интенсивное использование угля, нефти и газа в промышленности, энергетике и транспорте приводит к значительным выбросам парниковых газов [8]. На Россию приходится около 5 % мировых выбросов CO₂, что делает ее одним из крупных источников загрязнения атмосферы;
- индустриализация и урбанизация. Рост городов и промышленного производства сопровождается увеличением выбросов тепла и загрязняющих веществ [9]. Увеличение площади искусственных поверхностей (асфальта, бетона) снижает способность экосистем к регулированию микроклимата;
- сельское хозяйство. Выбросы метана от животноводства и болотных систем, а также закиси азота при использовании азотных удобрений играют значительную роль в увеличении концентрации парниковых газов [10];
- деформация лесного покрова. Сокращение площадей лесов вследствие незаконной вырубки и пожаров снижает потенциал поглощения углекислого газа, что вносит вклад в общий парниковый баланс.

Таким образом, перечисленные факторы могут привести к различным последствиям как к благоприятным, так и к неблагоприятным. К благоприятным последствиям можно отнести увеличение гидропотенциала водных объектов, открытие дополнительных возможностей для ведения сельского хозяйства. К неблагоприятным последствиям изменения климата можно отнести экстремальную жару, которая может повлечь за собой рост заболеваемости среди населения, засухи и опустынивания, из-за чего могут участиться лесные пожары и стихийные бедствия, деградация вечной мерзлоты.

Однако каждый регион обладает своими особенностями и требует разработки отдельного подхода к оценке рисков последствий изменения климата [11]. В ходе анализа существующего теоретического и практического опыта, а также особенностей ЮФО были выделены основные природные и антропогенные факторы, по которым необходимо провести оценку рисков воздействия изменения климата в Краснодарском крае (табл. 1):

1. *Природные факторы* — изменение температуры, изменение количества осадков в год, количество наводнений, сила землетрясений, количество лесных пожаров.

2. *Антропогенные факторы* — туристический поток, загрязнение атмосферного воздуха, численность населения.

Таблица 1. Основные параметры, влияющие на изменение климата в ЮФО

Факторы	Параметры	Единицы
Природные факторы	Изменение температуры	°С
	Изменение количества осадков в год	кол-во осадков
	Количество наводнений	мм/год
	Сила землетрясений	кол-во наводнений/год
	Количество лесных пожаров	кол-во лесных пожаров/год
Антропогенные факторы	Туристический поток	чел/год
	Загрязнение атмосферного воздуха	кол-во производств
	Численность населения	кол-во человек

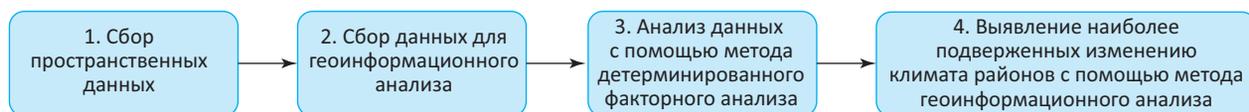


Рис. 1. Методика оценки рисков последствий изменения климата в ЮФО

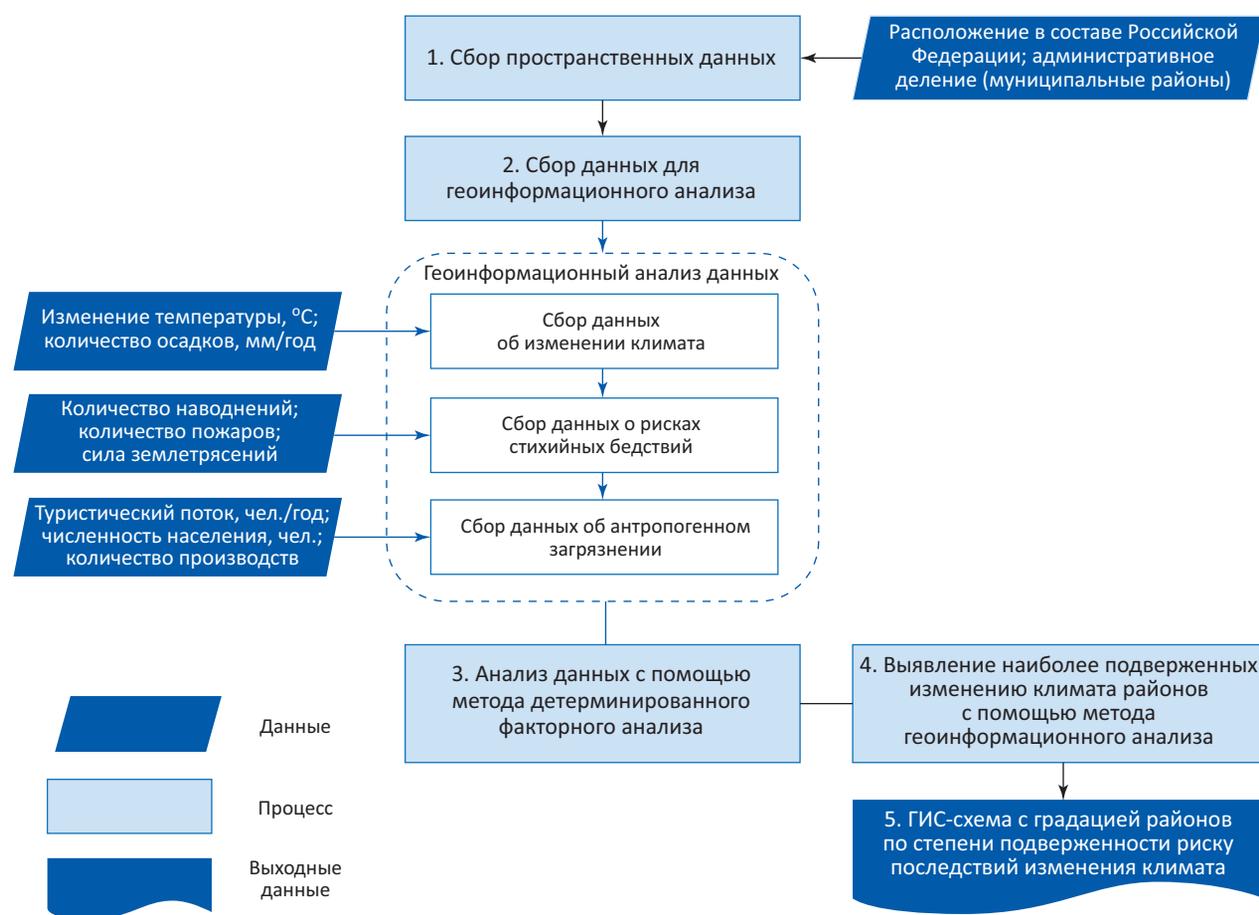


Рис. 2. Алгоритм оценки рисков последствий изменения климата в ЮФО

Для оценки рисков последствий изменения климата были предложены следующие ключевые методы: аналитический метод, детерминированный факторный анализ и геоинформационный анализ. В рамках исследования разработана методика оценки рисков последствий изменения климата, состоящая из четырех этапов (рис. 1).

Для практического применения методики оценки рисков последствий изменения климата разработан подробный алгоритм оценки рисков последствий изменения климата в ЮФО (рис. 2).

Разработанный алгоритм позволяет оценить риски последствий изменения климата по муниципальным районам.

Результаты исследования

1. Сбор пространственных данных

ЮФО — федеральный округ Российской Федерации на юге ее европейской части. В состав округа входят 8 субъектов РФ. ЮФО включает 3 республики, 3 области, 1 край и 1 город федерального значения. Население составляет 16,6 млн чел.

В качестве объекта исследования был выбран один из субъектов ЮФО — Краснодарский край. Краснодарский край граничит с Ростовской обла-

стью, Ставропольским краем, Карачаево-Черкесией, Адыгеей и Абхазией. По морю через Керченский пролив граничит с Республикой Крым (рис. 3). Административный центр — город Краснодар. Численность населения Краснодарского края — 5,8 млн чел.

В настоящее время в состав Краснодарского края входит 38 районов, 26 городов, 12 внутригородских районов, 13 поселков городского типа, 399 сельских административных округов и 1725 сельских населенных пунктов.



Рис. 3. *a* — расположение Краснодарского края в составе Российской Федерации; *b* — административное деление Краснодарского края (муниципальные районы)

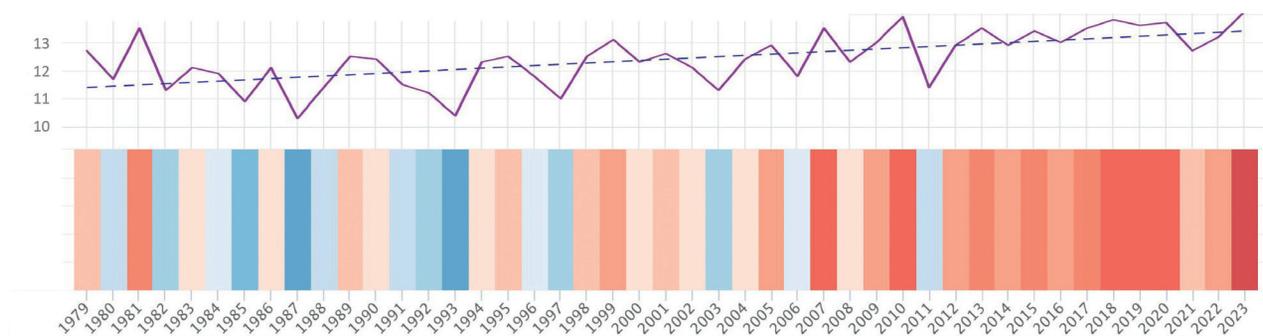


Рис. 4. Годовое изменение температуры (Источник: открытые данные meteoblue)

2. Геоинформационный анализ данных. Сбор данных об изменении климата в регионе

В данном исследовании для анализа климатических изменений в Краснодарском крае используются определенные выше климатические характеристики: среднегодовая температура атмосферного воздуха и среднегодовое количество осадков. Для отслеживания динамики изменения характеристик был взят длительный промежуток времени.

Данные из открытых источников показали, что за 43 года (1980–2023 гг.) среднегодовая температура Краснодарского края увеличилась на 2,2 градуса (положительная тенденция на рис. 4). По результатам геоинформационного анализа можно отметить, что больше всего повышается температура в муниципальных районах: Белореченский, Гулькевичский, Динской, Калининский, Красноармейский, Крымский, Курганинский, МО город Горячий Ключ, МО город Краснодар, МО город-герой Новоросийск, МО город-курорт Анапа, МО город-курорт Геленджик, Северский, Славянский, Тбилисский, Темрюкский, Тимашевский, Туапсинский (рис. 5). Таким образом, около половины районов Краснодарского края оказались наиболее подвержены повышению температуры: центральная и прибрежная часть Краснодарского края.

Далее необходимо проанализировать динамику изменения среднегодового количества осадков на территории Краснодарского края. Анализ показал, что за 43 года среднегодовое количество осадков снизилось на 140,7 мм (рис. 6).

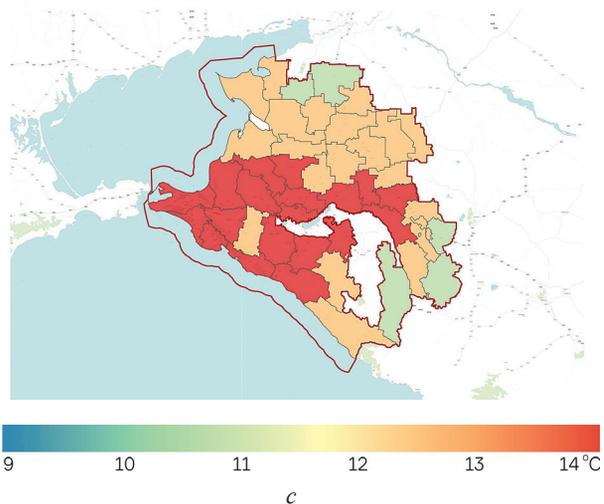
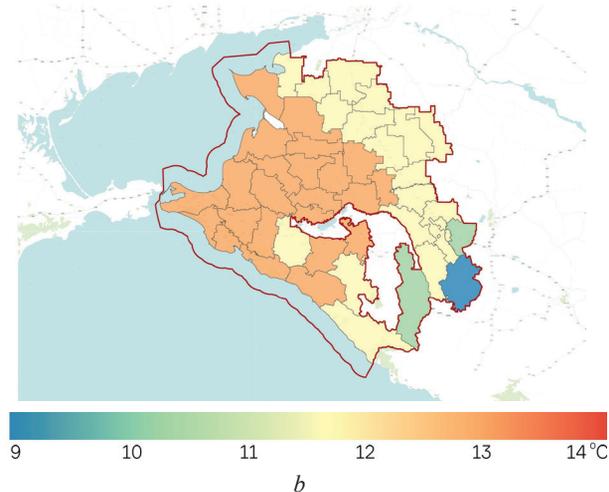
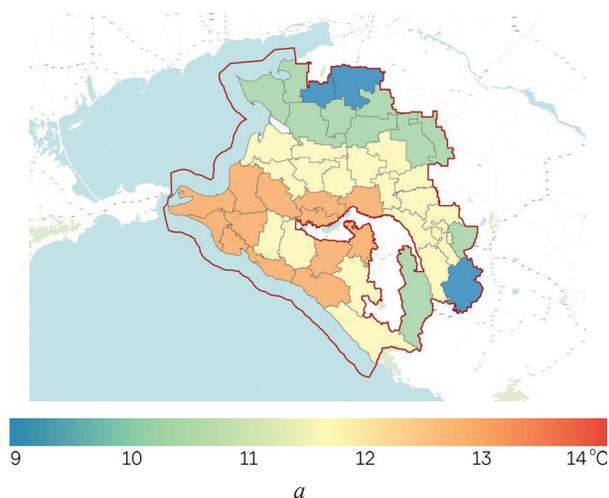


Рис. 5. a — средняя температура атмосферного воздуха в Краснодарском крае в 1980-х гг.; b — средняя температура атмосферного воздуха в Краснодарском крае в 2000-х гг.; c — средняя температура атмосферного воздуха в Краснодарском крае в наше время, в 2020-х гг.

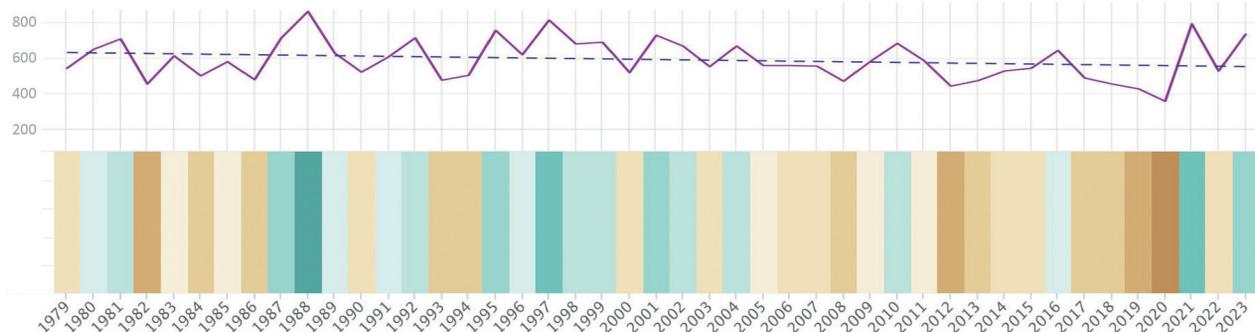


Рис. 6. Годовое изменение количества осадков (Источник: открытые данные meteoblue)

3. Геоинформационный анализ данных.

Сбор данных о рисках стихийных бедствий в регионе

Для анализа природных факторов были рассмотрены *сейсмичность, количество лесных пожаров, а также степень рисков наводнений*. Территория Краснодарского края отнесена к наиболее сейсмоопасным регионам России с расчетной сейсмической интенсивностью 6–8 баллов в равнинной и

предгорной части края и интенсивностью 8–10 баллов в горной части края и на побережье Черного моря [12]. Проведя геоинформационный анализ собранных данных о сейсмической активности в Краснодарском крае, можно отметить, что наиболее подверженные землетрясениям муниципальные районы расположены вдоль побережья Черного моря (рис. 7).

Анализируя историю крупнейших *землетрясений*, можно проследить тенденцию сейсмической

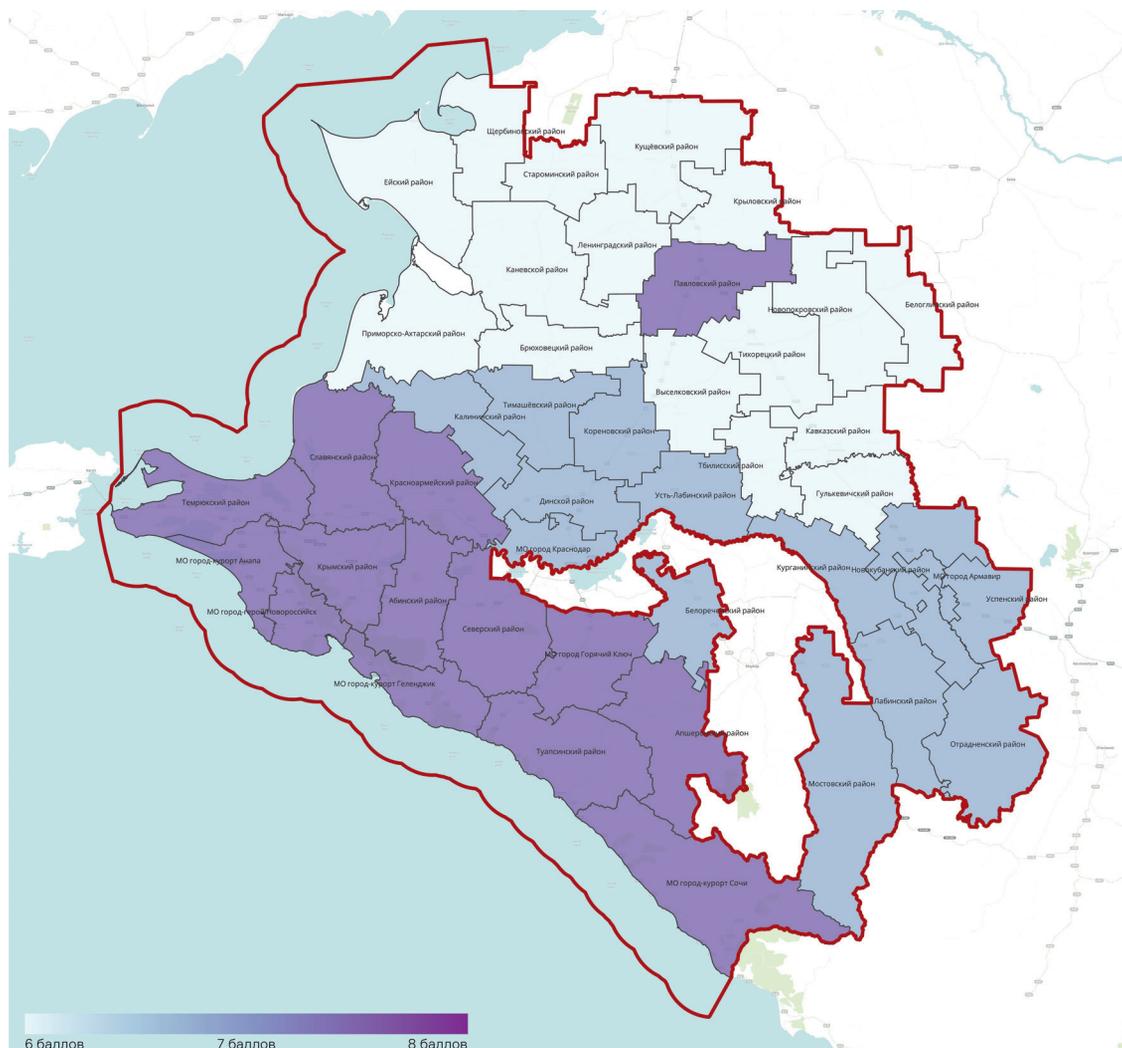


Рис. 7. Сейсмическая активность Краснодарского края по муниципальным районам

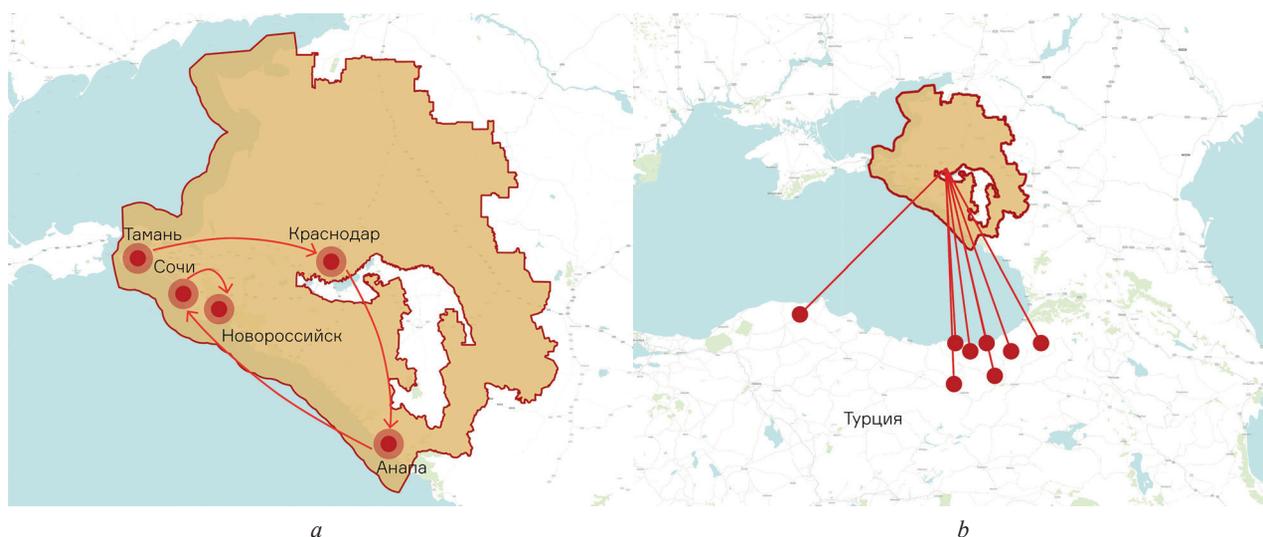


Рис. 8. *a* — история крупнейших землетрясений в Краснодарском крае; *b* — зависимость сейсмической активности от других регионов

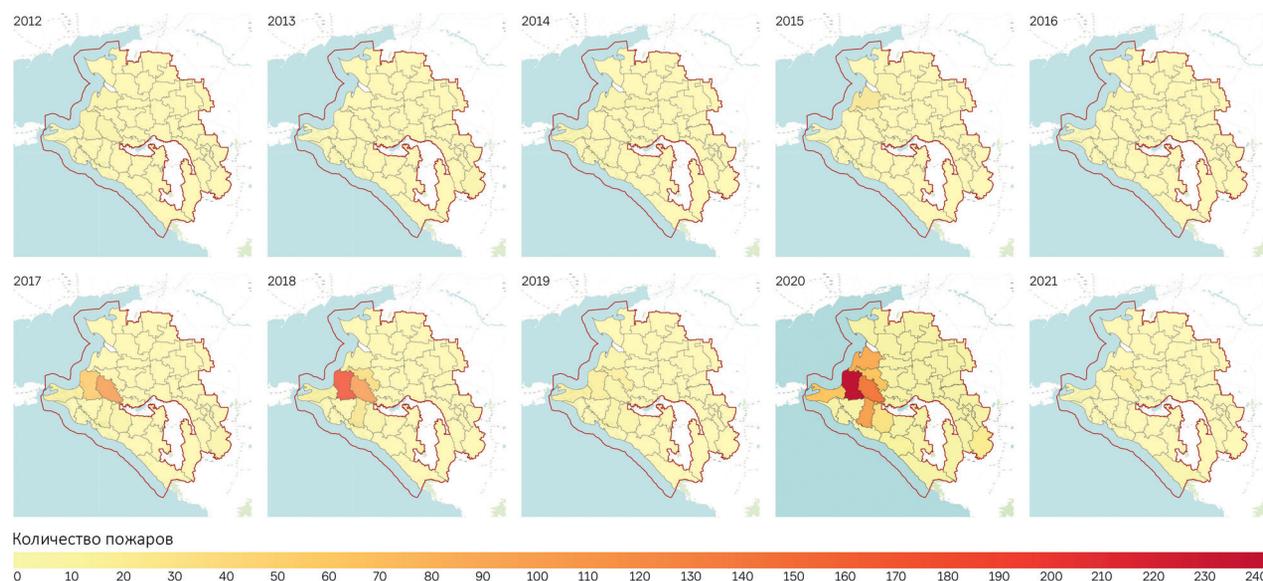


Рис. 9. История природных пожаров за период 2012–2021 гг.

активности на прибрежных территориях и в горной местности. Кроме того, была составлена схема зависимости сейсмической активности от других регионов, в результате чего было выявлено, что сейсмическая активность края также достаточно сильно зависит от сейсмической активности в Турции (рис. 8).

Рассматривая динамику изменения количества природных пожаров в Краснодарском крае, можно увидеть, что она незначительно меняется с 2012 по 2017 г., однако в 2018 и 2020 гг. наблюдается резкое возрастание количества пожаров (рис. 9). За период 2012–2021 гг. были отмечены максимальные среднегодовые температуры, повлекшие за собой засухи и, как следствие, лесные пожары.

Далее в статье было рассмотрены и проанализированы риски наводнений и затоплений в Крас-

нодарском крае. Большинство катастрофических и экстремальных паводков на побережье Краснодарского края возникают летом и в начале осени. 71 % всех катастрофических и исключительных затоплений произошли в июле–августе, в октябре–ноябре — 29 %. Характерной особенностью разрушительных катаклизмов является их быстрое формирование и распространение при значительном (до 5–7 м и более) повышении уровня воды.

Причина катаклизмов — сочетание нескольких факторов: сложный рельеф и многочисленность горных рек, в долинах которых обычно селятся люди, концентрируются промышленные и транспортные объекты. Самыми опасными районами являются окрестности Новороссийска, Адлера и Краснодара (рис. 10).



Рис. 10. Риски затоплений в различных городах Краснодарского края: *a* — Анапа; *b* — Адлер; *c* — Новороссийск; *d* — Краснодар

4. Геоинформационный анализ данных.

Сбор данных об антропогенном загрязнении региона

Следующим этапом является сбор и анализ параметров антропогенных факторов: *загрязнение атмосферного воздуха, численность населения, туристический поток*. Краснодарский край, являясь одним из наиболее развитых и урбанизированных регионов России, сталкивается с рядом экологических проблем, вызванных деятельностью различных *промышленных объектов и отраслей* [13]:

- нефтехимическая промышленность. Негативное воздействие: выбросы углекислого газа (CO_2), метана (CH_4), сернистого газа (SO_2) и других токсичных веществ в атмосферу;
- загрязнение водоемов сточными водами, содержащими тяжелые металлы и нефтепродукты; крупные объекты: нефтеперерабатывающие заводы в районе Новороссийска и Туапсе;
- энергетические объекты. Негативное воздействие: угольные и газовые электростанции выбрасывают в атмосферу парниковые газы и твердые частицы. Загрязнение окружающей среды продуктами сгорания. Крупные объекты: тепловые электростанции в Краснодаре и Армавире;
- цементные заводы. Негативное воздействие: высокий уровень выбросов пыли, углекислого

газа и других частиц. Крупные объекты: заводы в Новороссийске и близлежащих районах.

При помощи геоинформационного анализа была выявлена нагрузка на муниципальные районы Краснодарского края. Наиболее подвержены влиянию производств районы: МО город Краснодар и МО город-курорт Сочи (рис. 11).

Кроме того, в рамках исследования была составлена диаграмма основных выбросов в атмосферный воздух для каждого муниципального района (рис. 12). Анализ проводился за период 2007–2022 гг. Установлено, что наиболее интенсивные выбросы в атмосферный воздух монооксида углерода (CO) наблюдаются в МО городе Краснодар, диоксида азота — в МО городе-герое Новороссийске.

Основными причинами таких выбросов могут служить значительная транспортная нагрузка на города, а также наличие нефтеперерабатывающей промышленности [14].

Краснодар, являющийся самым густонаселенным городом в крае, находится под значительным влиянием антропогенной нагрузки, что влечет за собой интенсивные транспортные потоки и функционирование крупных промышленных предприятий. Согласно данным Росстата, была составлена схема *распределения населения по численности* в различных муниципальных районах Краснодарского края (рис. 13).

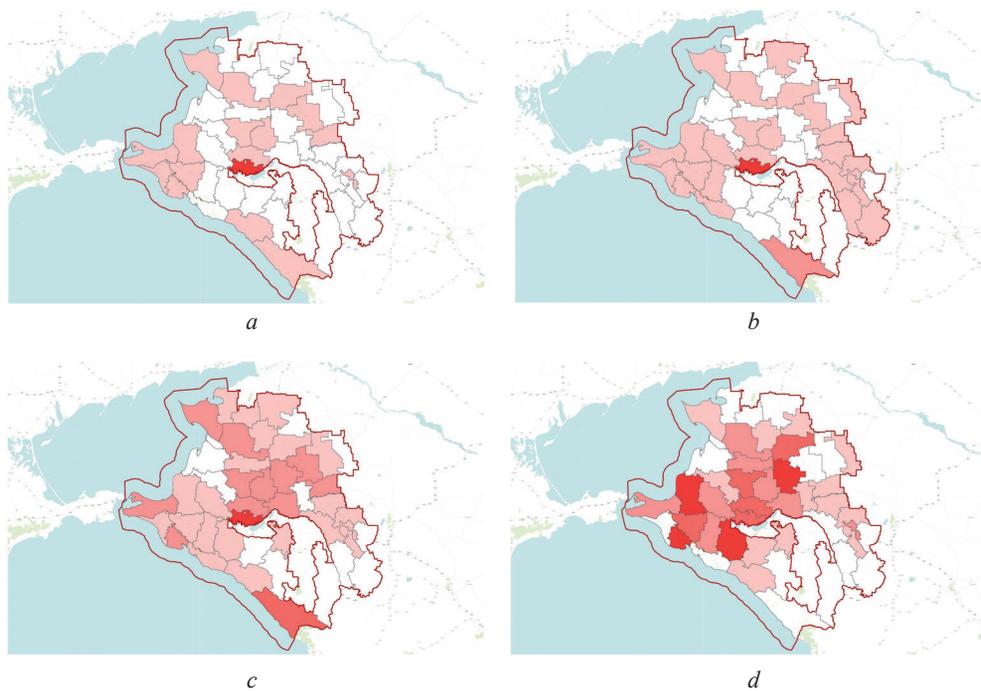


Рис. 11. *a* — предприятия, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду; *b* — 1-й класс опасности; *c* — 2-й класс опасности; *d* — 3-й класс опасности

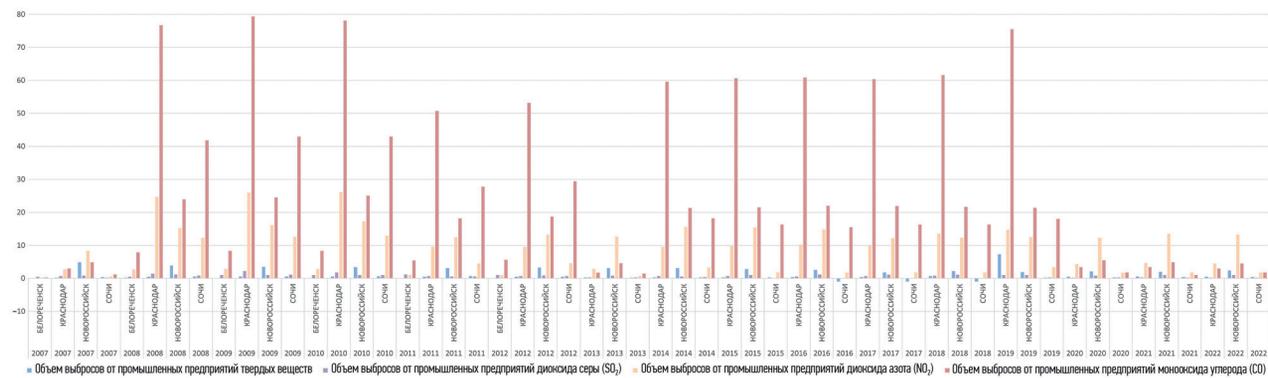


Рис. 12. Диаграмма распределения выбросов в атмосферный воздух 2007–2022 гг. по муниципальным районам



Рис. 13. Распределение численности населения по муниципальным районам

Общая тенденция изменения численности населения:

- рост численности населения. Краснодарский край демонстрирует положительную динамику численности населения. Это связано с миграционным приростом, вызванным притоком жителей из других регионов России и стран СНГ, а также с относительно стабильной рождаемостью;
- урбанизация. Численность городского населения увеличивается за счет миграции из сельских районов и прилегающих регионов. В то же время численность сельского населения постепенно сокращается.

Современная динамика (2020-е гг.) складывается следующим образом. Положительный миграционный баланс: Краснодарский край продолжает оставаться привлекательным для переселенцев, особенно для пенсионеров, переезжающих в теплый климат, и молодых семей, ищущих комфортные условия для жизни (рис. 12). Демографические вызовы: уровень рождаемости снижается, что связано с общероссийской тенденцией. Старение населения увеличивает долю пожилых людей.

Общая численность населения по данным 2023 г. составляет около 5,7 млн человек. Городское население: около 57–60 % от общей численности. Сельское население: около 40–43 %. Ожидается, что численность населения края продолжит расти за счет миграционного прироста.

В 2016 г. *туристский поток* в Краснодарском крае составил 15,8 млн человек, что больше на 6 % по сравнению с 2015 г. [12].

Основными видами туризма в Краснодарском крае являются лечебно-оздоровительный и пляжный. Министерство курортов, туризма и олимпийского наследия края предлагает обсудить с представителями отрасли Концепцию развития санаторно-курортного и туристического комплекса региона до 2030 г.

Среди ключевых задач этой концепции — развитие внутреннего и въездного туризма, повышение инвестиционной привлекательности отрасли, определение приоритетных направлений для развития туристско-рекреационного комплекса, а также улучшение конкурентоспособности, безопасности и качества услуг в сфере санаторно-курортного и туристического обслуживания.

Следует отметить ряд ключевых проблем, которые существенно сдерживают динамичное развитие туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края. Среди них выделяются:

- недостаточная транспортная связанность территории, что затрудняет доступность многих объектов;

- ограниченное покрытие мобильной связью и низкая доступность высокоскоростного интернета;
- дефицит современных объектов развлечений и туристических достопримечательностей с развитой инфраструктурой;
- недостаточный уровень благоустройства пляжных зон;
- ярко выраженная сезонность предоставления туристских услуг;
- нехватка квалифицированных кадров и низкий уровень сервиса;
- слабо развитая система маркетинга туристских услуг и недостаточное продвижение региона на внутреннем и международном рынках.

Для обеспечения устойчивого развития туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края необходимо системное решение указанных проблем. Это может быть достигнуто за счет диверсификации туристского продукта, совершенствования нормативно-правовой базы в сфере туризма, а также активного развития маркетинговых стратегий, направленных на повышение конкурентоспособности региона.

5. Анализ данных с помощью метода детерминированного факторного анализа

В данном исследовании для оценки рисков воздействия изменения климата в Краснодарском крае был применен метод детерминированного факторного анализа [14]. Детерминированный факторный анализ представляет собой метод исследования, который позволяет количественно оценить влияние различных факторов на изучаемый процесс или явление. Основная суть метода заключается в том, что каждый фактор рассматривается как независимая переменная, а их совокупное влияние позволяет выявить закономерности и отклонения от нормы. В отличие от стохастических методов, где учитываются случайные отклонения, данный метод предполагает, что все факторы и их взаимосвязи могут быть точно определены и выражены через математические зависимости. Этот метод широко применяется в экологии, экономике, климатологии и других областях для анализа сложных систем, где важно выделить ключевые детерминанты и их влияние на общий результат [15].

В данном исследовании детерминированный факторный анализ применяется для анализа влияния различных факторов на изменение климата в Краснодарском крае. Ранее были выделены ключевые факторы и прописаны для каждого района их числовые значения. Затем для каждого фактора

Таблица 2. Выявление наиболее подверженных риску влияния изменения климата муниципальных районов

Наименование муниципального района	Факторы								Итого
	Природные				Антропогенные				
	Темпе- ратура Δ, °С	Коли- чество осадков Δ, мм/год	Навод- нения, шт.	Зем- летря- сения, баллов	Пожары, шт.	Туристиче- ский поток, объектов туризма, шт.	Числен- ность наसेле- ния, чел.	Загрязнение атмосферы, производств шт.	
Абинский район	2	113,1	6	8	154	69	97,5	521	4
Апшеронский район	2,1	134	16	8	0	86	97,3	425	3
Белоглинский район	2,4	159,5	0	6	125	0	26,6	470	3
Белореченский район	2,2	164,4	9	7	8	0	105,8	502	3
Брюховецкий район	2,4	148,1	1	6	203	3	46,3	454	3
Выселковский район	2,3	157,6	1	6	31	6	54,6	513	1
Гулькевичский район	2,3	153,2	3	6	23	4	97,4	665	2
Динской район	2,1	163,7	1	7	0	5	147,4	729	4
Ейский район	2,5	95,6	3	6	42	26	134,4	874	3
Кавказский район	2,3	147,9	1	6	76	8	116,9	721	2
Калининский район	2,3	144,6	1	7	93	1	50,0	274	3
Каневской район	2,5	132,3	2	6	20	9	97,2	770	2
Кореновский район	2,3	160,1	1	7	25	1	83,2	693	3
Красноармейский район	2,2	105,7	1	8	208	9	100,9	617	2
Крыловский район	2,4	122,6	0	6	17	0	33,5	359	1
Крымский район	2,1	84,7	8	8	157	4	131,3	769	4
Курганинский район	2,3	158,8	9	7	56	4	98,9	579	3
Кущевский район	2,6	140,8	1	6	18	7	63,2	590	2
Лабинский район	2,4	168,2	11	7	202	5	89,6	588	5
Ленинградский район	2,5	127,8	1	6	14	4	58,9	453	1
МО город Армавир	2,4	170,7	8	7	11	4	203,7	819	6
МО город Горячий Ключ	2,1	148,3	9	8	256	37	69,7	388	4
МО город Краснодар	2,1	140,7	1	7	25	87	1226,2	3413	5
МО город-герой Новороссийск	2,1	72,6	6	8	85	55	342,0	976	5
МО город-курорт Анапа	2,2	63,4	3	8	49	212	203,9	727	4
МО город-курорт Геленджик	2,1	100,8	10	8	45	440	116,9	678	4
МО город-курорт Сочи	1,8	169,2	16	8	70	493	564,4	1331	6
Мостовский район	2,4	186,7	12	7	538	138	68,7	404	6
Новокубанский район	2,4	170,7	8	7	26	5	83,0	570	4

Наименование муниципального района	Факторы								Итог
	Природные					Антропогенные			
	Температура Δ, °С	Количество осадков Δ, мм/год	Наводнения, шт.	Землетрясения, баллов	Пожары, шт.	Туристический поток, объектов туризма, шт.	Численность населения, чел.	Загрязнение атмосферы, производств шт.	
Новопокровский район	2,3	154,5	1	6	13	3	41,2	504	1
Отраденский район	2,7	188,3	12	7	342	11	62,9	566	5
Павловский район	2,5	125,8	1	8	10	6	60,6	746	3
Приморско-Ахтарский район	2,3	115,4	1	6	88	8	59,5	365	1
Северский район	2,1	127,9	11	8	155	51	123,8	450	4
Славянский район	2,2	85,8	7	8	195	9	125,6	750	4
Староминский район	2,5	122,2	2	6	9	0	39,4	362	1
Тбилисский район	2,2	152,2	1	6	14	2	47,6	240	1
Темрюкский район	2,4	84	12	8	74	88	127,1	886	5
Тимашевский район	2,3	148,6	3	7	26	4	105,9	745	3
Тихорецкий район	2,3	132,8	1	6	28	4	109,6	783	1
Туапсинский район	2,1	90	10	8	118	298	124,3	714	5
Успенский район	2,6	176,9	8	7	47	0	38,7	221	4
Усть-Лабинский район	2,2	170,7	1	7	34	2	100,7	563	2
Щербиновский район	2,5	108	1	6	10	1	33,6	431	1
Среднее значение	2,30	136,11	5,02	6,95	85,00	50,20	132,04	663,59	–

было определено среднее значение по всем районам:

$$\bar{X}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{ij},$$

где \bar{X}_j — среднее значение фактора j по всем районам;

X_{ij} — значение фактора j в районе i ;

N — количество районов.

Отклонения от среднего значения для каждого фактора в каждом районе рассчитываются как:

$$\Delta X_{ij} = X_{ij} - \bar{X}_j.$$

Районы, где отклонения ΔX_{ij} превышают определенный порог (например, в большую сторону), считаются аномальными. На основе количества таких отклонений можно определить наиболее уязвимые к изменению климата районы.

Ниже представлена таблица, в которой голубым цветом выделены факторы, отклонившиеся от среднего значения, а розовым цветом выделены районы,

в которых зафиксировано наибольшее количество превышений средних значений факторов (табл. 2).

6. Выявление наиболее подверженных изменению климата районов с помощью метода геоинформационного анализа

Результаты оценки рисков воздействия изменения климата на районы Краснодарского края при помощи детерминированного факторного анализа были загружены в формате базы данных в ГИС и классифицированы при помощи методов геоинформационного анализа. Результаты представлены на рис. 14, где более темным цветом отображены самые подверженные риску районы Краснодарского края: Лабинский, МО город Армавир, МО город Краснодар, МО город-герой Новороссийск, МО город-курорт Сочи, Мостовский, Отраденский, Темрюкский, Туапсинский.

По результатам были предложены мероприятия, направленные на адаптацию территорий, наиболее подверженных последствиям изменения климата в регионе.

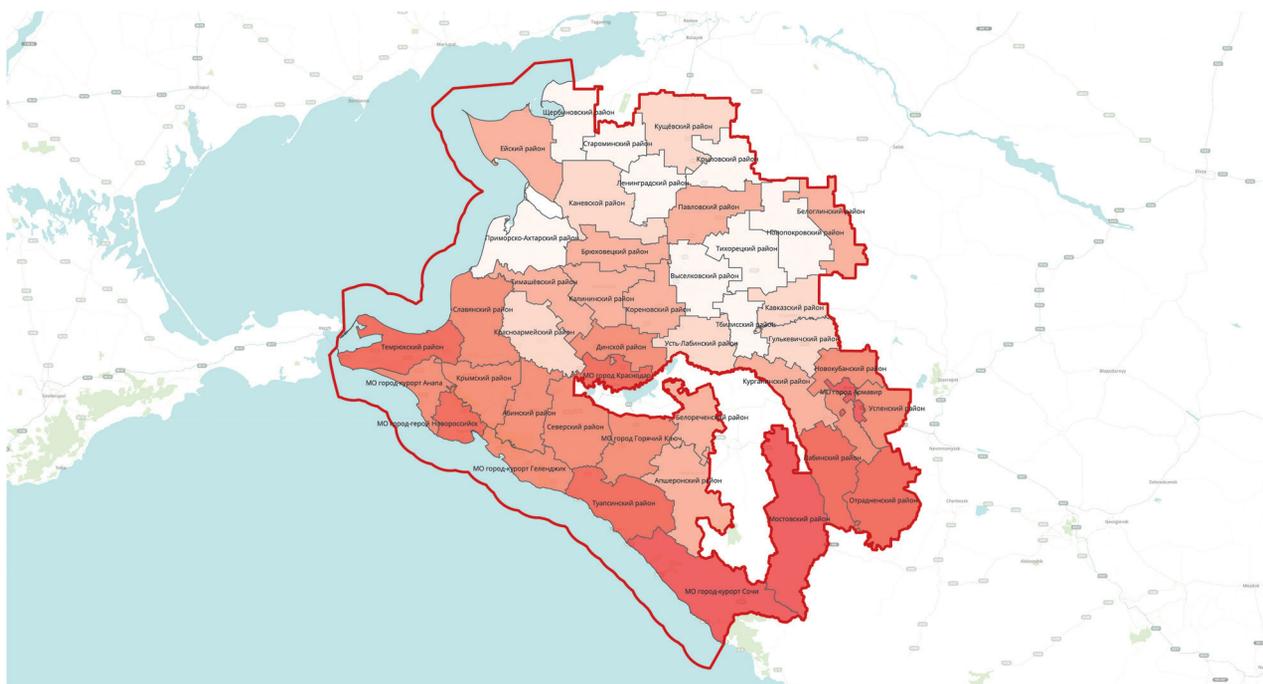


Рис. 14. Оценка рисков воздействия изменения климата на районы Краснодарского края

Выводы

В условиях нарастающего влияния изменения климата на Краснодарский край разработка эффективных стратегий адаптации и минимизации негативных последствий приобретает ключевое значение. Результаты проведенного исследования показали, что наиболее подверженными климатическим рискам являются Лабинский, МО город Армавир, МО город Краснодар, МО город-герой Новороссийск, МО город-курорт Сочи, Мостовский, Отраденский, Темрюкский, Туапсинский районы. Эти территории испытывают значительное влияние как природных факторов, включая повышение температуры, учащение наводнений и природных пожаров, так и антропогенной нагрузки, связанной с выбросами загрязняющих веществ, туристической активностью и урбанизацией.

Для адаптации и снижения влияния изменения климата на наиболее подверженные риску районы Краснодарского края необходимо реализовать комплексные меры, направленные на укрепление природных и антропогенных систем региона. Основные рекомендации включают следующие направления.

Развитие устойчивой инфраструктуры:

- усиление гидротехнических сооружений для предотвращения наводнений, особенно в низменных районах и прибрежных зонах;
- применение сейсмостойких технологий в строительстве зданий и инженерных объектов в сеймоопасных районах, таких как Туапсинский и Темрюкский;

- внедрение систем управления дождевыми стоками в городах с высокой плотностью застройки, таких как Сочи.

Устойчивое управление природными ресурсами:

- создание противопожарных полос и внедрение систем раннего обнаружения возгораний для минимизации ущерба от природных пожаров;
- восстановление лесных массивов и природных экосистем для снижения последствий повышения температуры и частоты засух;
- очистка и укрепление русел рек для предотвращения их переполнения в период ливневых осадков.

Экологическая модернизация:

- снижение выбросов от предприятий 1–3 классов опасности через внедрение технологий очистки и переход на более экологичные производства;
- развитие общественного электротранспорта и стимулирование использования экологически чистых видов транспорта;
- внедрение программ по утилизации и переработке отходов в туристически загруженных районах.

Регулирование туристической нагрузки:

- разработка систем квотирования для ограничения числа туристов в периоды пикового сезона;
- продвижение альтернативных видов туризма, таких как экологический и образовательный, с минимальным воздействием на окружающую среду;
- образовательные программы для туристов по охране природы и устойчивому поведению.

Мониторинг и управление:

- создание системы постоянного мониторинга климатических изменений и их влияния на регион;
- регулярное обновление карт природных рисков с учетом новых данных;
- разработка долгосрочных стратегий адаптации, включающих меры по снижению последствий экстремальных климатических явлений.

Эти рекомендации позволят снизить уязвимость наиболее подверженных риску районов Краснодарского края, минимизировать экономические и социальные последствия изменений климата, а также обеспечить устойчивое развитие региона.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 2. С. 166–187. EDN OOCICT.
2. Волосухин В.А., Бандурин М.А., Приходько И.А. Изменение климата: причины, риски для водохозяйственного комплекса Краснодарского края // Природообустройство. 2022. № 4. С. 50–56. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-50-56. EDN OKIGJZ.
3. Приходько И.А., Вербицкий А.Ю., Сергеев А.Э. Анализ изменения климата на Черноморском побережье России // International agricultural journal. 2022. № 1. С. 366–383. DOI: 10.55186/25876740-2022-6-1-23. EDN MKXTJK.
4. Рубан Д.А., Серпова К.И., Яшалова Н.Н., Васильцов В.С., Яковлева Е.Н. Глобальные изменения климата как фактор риска для российской экономики: методологические вопросы // Вестник НГУЭУ. 2018. № 3. С. 10–25. EDN VFMRYQ.
5. Стогний В.В. Сейсмичность Краснодарского края и Республики Адыгея: исторический аспект // Вестник Краснодарского регионального отделения Русского географического общества. 2020. С. 130–137. EDN DVDJN.
6. Торжков И.О., Кушнир Е.А., Константинов А.В., Королева Т.С., Ефимов С.В., Школьник И.М. Оценка влияния ожидаемых изменений климата на лесное хозяйство // Метеорология и гидрология. 2019. № 3. С. 40–49. EDN VWILXO.
7. Горлач Д.Е. Лесные пожары как источник загрязнения окружающей среды // Современные аспекты экономики. 2015. № 5. С. 6–8. EDN UDEHKF.
8. Согомонян А.К. Показатели рисков возникновения чрезвычайных ситуаций и пожаров на территории Краснодарского края // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. 2017. С. 214–218.
9. Арефьева Е.В., Болгов М.В. Особенности прогнозирования природных наводнений в целях снижения риска чрезвычайных ситуаций на примере Краснодарского края // Технологии гражданской безопасности. 2018. Т. 15. № 4 (58). С. 40–47.
10. Бузин В.А., Копалиани З.Д. Наводнения на реках России при современных тенденциях в изменении климата // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2007. № 5. С. 43–54. EDN NCCZTN.
11. Коробейникова А.Е., Макарова А.Е., Конакова К.П. Влияние естественных процессов на изменение климата урбанизированных территорий республики Коми и меры адаптации к ним // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 2 (46). С. 42–58. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.2.42-58
12. Сидорова Д.В., Коновалова А.В., Венско В.Д. Современные тенденции и приоритетные направления развития туристско-рекреационного комплекса Краснодарского края // Региональные географические исследования. 2017. С. 65–68. EDN ZGEJZP.
13. Федоренко К.А. Антропогенная деградация почв предгорий Краснодарского края // Почвоведение продовольственной и экологической безопасности страны. 2016. С. 131–131. EDN XDVCOV.
14. Коломоец П.П., Демерчи А.Э., Белова В.А. Первоочередные мероприятия по охране и снижению негативного влияния антропогенной нагрузки на земельные ресурсы Краснодарского края // Проблемы внедрения результатов инновационных разработок : сб. Междунар. науч.-практ. конф. Оренбург, 2018. С. 54–58. EDN YQHWLD.
15. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ. 3-е изд. М. : Диалектика, 2019. 912 с.

Об авторах: **Анна Евгеньевна Коробейникова** — канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры градоустройства; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; ORCID: 0000-0002-4357-1757, ResearcherID: AAC-8979-2022; e-mail: anna-chega@mail.ru;

Алина Руслановна Хазбулатова — магистр; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: lina.khazbulatova@gmail.com.

REFERENCES

1. Gruza G.V., Ran'kova E.Ya. Climate fluctuations and changes on the territory of Russia. *Izvestia of the Russian Academy of Sciences. Atmosphere and Ocean Physics*. 2003; 39(2):166-187. EDN OOCICT. (rus.).
2. Volosukhin V.A., Bandurin M.A., Prikhodko I.A. Climate change: causes, risks for the water management complex of Krasnodar Krai. *Nature management*. 2022; 4:50-56. DOI: 10.26897/1997-6011-2022-4-50-56. EDN OKIGJZ. (rus.).
3. Prikhodko I.A., Verbitsky A.Yu., Sergeev A.E. Analysis of climate change on the Black Sea coast of Russia. *International agricultural journal*. 2022; 1:366-383. DOI: 10.55186/25876740-2022-6-1-23. EDN MKXTJK. (rus.).
4. Ruban D.A., Serpova K.I., Yashalova N.N., Vasiltsov V.S., Yakovleva E.N. Global climate change as a risk factor for the Russian economy: methodological issues. *NSUEM Bulletin*. 2018; 3:10-25. EDN VFMRYQ. (rus.).
5. Stogniy V.V. Seismicity of the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea: historical aspect. *Bulletin of the Krasnodar Regional Branch of the Russian Geographical Society*. 2020; 130-137. EDN DVDJNN. (rus.).
6. Torzhkov I.O., Kushnir E.A., Konstantinov A.V., Koroleva T.S., Efimov S.V., Shkolnik I.M. Assessment of the impact of expected climate change on forestry. *Meteorology and Hydrology*. 2019; 3:40-49. EDN VWILXO. (rus.).
7. Gorlach D.E. Forest fires as a source of pollution of the environment. *Modern Aspects of Economics*. 2015; 5:6-8. EDN UDEHKF. (rus.).
8. Soghomonyan A.K. Risk Indicators of Emergency Situations and Fires in the Territory of Krasnodar Krai. *Actual issues of improving engineering systems for fire safety of objects*. 2017; 214-218. (rus.).
9. Arefieva E.V., Bolgov M.V. Features of natural flood forecasting to reduce the risk of emergency situations on the example of Krasnodar Krai. *Technologies of civil security*. 2018; 15(4(58):40-47. (rus.).
10. Buzin V.A., Kopalani Z.D. Floods on the rivers of Russia under modern trends in climate change. *Scientific Notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2007; 5:43-54. EDN NCCZTN. (rus.).
11. Korobeinikova A.E., Makarova A.E., Konakova K.P. Impact of natural processes on climate change in urbanized areas of the Komi Republic and measures of adaptation to them. *Biosphere compatibility: man, region, technology*. 2024; 2(46):42-58. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.2.42-58
12. Sidorova D.V., Konovalova A.V., Vensko V.D. Modern trends and priority directions of development of the tourist and recreational complex of Krasnodar region. *Regional Geographical Studies*. 2017; 65-68. EDN ZGEJZP.
13. Fedorenko K.A. Anthropogenic degradation of soils in the foothills of the Krasnodar region. *Pochvovedeniya — food and environmental security of the country*. 2016; 131-131. EDN XDVCOV. (rus.).
14. Kolomoyets P.P., Demerchi A.E., Belova V.A. Priority measures to protect and reduce the negative impact of anthropogenic load on land resources of Krasnodar Krai. *Problems of implementation of the results of innovative developments : collection of the International Scientific and Practical Conference*. Orenburg, 2018; 54-58. EDN YQHWLD. (rus.).
15. Draper N. *Applied regression analysis*. 3rd ed. Moscow, Dialectics, 2019; 912. (rus.).

About the authors: **Anna E. Korobeinikova** — Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Urban Planning; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-4357-1757, ResearcherID: AAC-8979-2022; e-mail: anna-chega@mail.ru;

Alina R. Khazbulatova — Master's Degree; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: lina.khazbulatova@gmail.com.

Конечно, у всякого времени свои стремления и свои заботы: **климат**, и тот меняется.
Лесков Н.С., Некуда, 1864

ГОРОДСКАЯ СРЕДА ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Нина Павловна Умнякова^{1,2}, Владимир Александрович Смирнов^{1,2}

¹ Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Минстроя России; г. Москва, Российская Федерация;

² Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация

Проведен анализ климатических изменений на Земле за последнее тысячелетие, детально рассмотрены климатические изменения на территории России за последние 50–100 лет, что позволило подтвердить процесс потепления практически по всей России. Наиболее сильное потепление наблюдается в высоких широтах Земного шара, поэтому в российских северных регионах потепление происходит интенсивнее. Для адаптации строительной отрасли к происходящим климатическим переменам выполнен пересмотр основного нормативного технического документа СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99 Строительная климатология». В статье приведены пересмотренные климатические параметры для нескольких городов РФ. Представленные климатические параметры для городов и прилегающих к ним регионов, например Москвы и области, позволяют сделать вывод, что Москва является городским «островом тепла», где температура в центре на 1–3 градуса выше, чем в Московской области. Явление «теплого острова» продемонстрировано на рисунках с замеренными температурами и вычисленными средними значениями для метеостанций в центре Москвы (Балчуг) и Московской области. Приведены причины образования «островов тепла» и перечислены рекомендации по снижению их негативного влияния.*

Ключевые слова: климат, повышение температуры, строительная климатология, городской остров тепла

Для цитирования: Умнякова Н.П., Смирнов В.А. Городская среда обитания человека в условиях изменения климата // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 65–78. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.65-78

HUMAN URBAN HABITAT IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Nina P. Umnyakova^{1,2}, Vladimir A. Smirnov^{1,2}

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation;

² Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia; Moscow, Russian Federation

An analysis of climate changes on Earth over the last millennium was carried out, climate changes in Russia over the past 50–100 years were examined in detail, which made it possible to confirm the warming process throughout almost all of Russia. The strongest warming is observed in the high latitudes of the globe, so in the Russian northern regions the warming is more intense. To adapt the construction industry to ongoing climate changes, a revision of the main regulatory technical document SP 131.13330.2020 “SNiP 23-01-99 Construction Climatology” was carried out. The article presents revised climatic parameters for several cities of the Russian Federation. The presented climatic parameters for cities and adjacent regions, for example, Moscow and Moscow region, allow us to conclude that Moscow is an urban “heat island”, where the temperature in the center is 1–3 degrees higher than in the Moscow region. The “heat island” phenomenon is demonstrated in figures with measured temperatures and calculated average values for weather stations in the center of Moscow (Balchug) and the Moscow region. The reasons for the formation of “heat islands” are given and recommendations for reducing their negative impact are listed.*

Keywords: climate, temperature rise, building climatology, urban heat island

For citation: Bakaeva N.V., Gordon V.A., Chernyaeva I.V., Kormina A.A. Study and forecasting of fertility in the context of the biosphere compatibility paradigm. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2025; 1:65-78. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.65-78 (rus.).

На протяжении тысячелетий климат на Земле менялся постоянно. Рассматривая последние 1200 лет, следует отметить, что в VIII–XIV вв. нашей эры климат на Земле был достаточно теплым и мягким, за что получил название малого (или средневекового) климатического оптимума. Он был теплее нашего времени, а среднемировая температура превышала нынешнюю примерно на 1 °C [1, 2]: в это время в Англии и на побережье Балтийского моря выращивали виноград, а викинги освоили Гренландию и дали ей название «Зелёная земля» (Green land), которое сегодня вряд ли пришлось бы кому-нибудь в голову.

С XIII–XIV вв. началось похолодание, которое продолжалось до середины XIX в. и получило название Малый ледниковый период [1, 3]. Эпоха Малого ледникового периода наблюдалась сравнительно недавно, поэтому осталось много следов в исторических хрониках: в это время средняя температура опускалась до значений почти на 1–3 °C ниже современной и самым холодным был период 1780–1820 гг. (рис. 1, *a*) [2]. По историческим данным установлено, что периоды похолодания на Земле связаны со снижением солнечной активности: в эпоху Малого ледникового периода отмечались периоды экстремально низкой солнечной активности: минимум Шперера (1400–1540), мини-

мум Маундера (1645–1715), минимум Дальтона (1790–1830) и минимум Глейсберга (1890–1910) [2]. Периоды резкого похолодания отмечены в Европе Великим голодом (1315–1317 гг.), эпидемией черной оспы, крестьянскими возмущениями и столетней войной (1337–1453 гг.). Минимум Маундера часто называют Большой солнечный минимум. В этот период солнечная активность была наименьшей с начала тысячелетия. Столь низкая солнечная активность привела к значительному понижению температуры на Земле, в результате которого замерзла вода в русле реки Темза. Минимум Маундера совпадает по времени с наиболее холодной фазой глобального похолодания климата, наблюдавшейся в течение XIV–XIX вв. Факт снижения активности Солнца был установлен благодаря радиоуглеродному исследованию годовых колец деревьев и содержанию в древесине углерода 14 (¹⁴C). Это стало возможным благодаря открытию зависимости содержания углерода в годовых кольцах дерева от активности Солнца (рис. 1, *b*).

С середины XIX в. во всем Северном полушарии началось потепление. В этот период уже начались регулярные инструментальные наблюдения и было установлено, что за период с середины XIX в. по 1940 г. повышение температуры составило около 0,6 °C. После 1940 г. до середины 60-х гг. XX в.

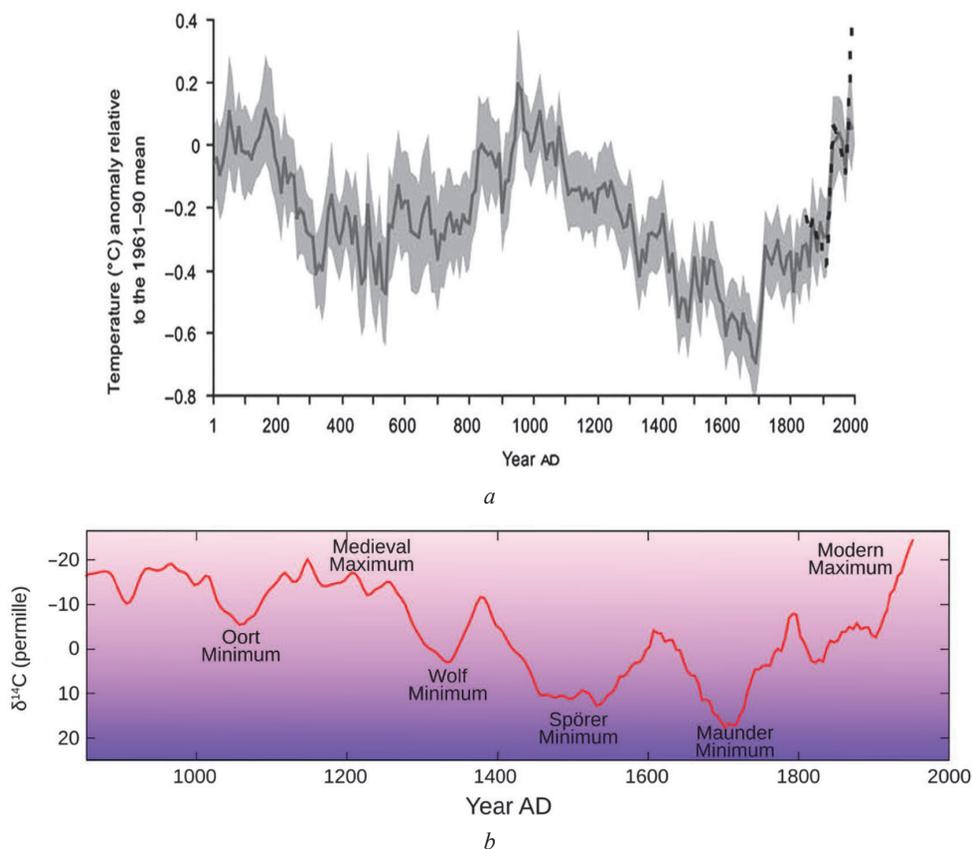


Рис. 1. *a* — обобщенный временной ход аномалий приземной температуры в Северном полушарии за последние 2000 лет; *b* — восстановленная солнечная активность по радиоизотопным маркерам углерода

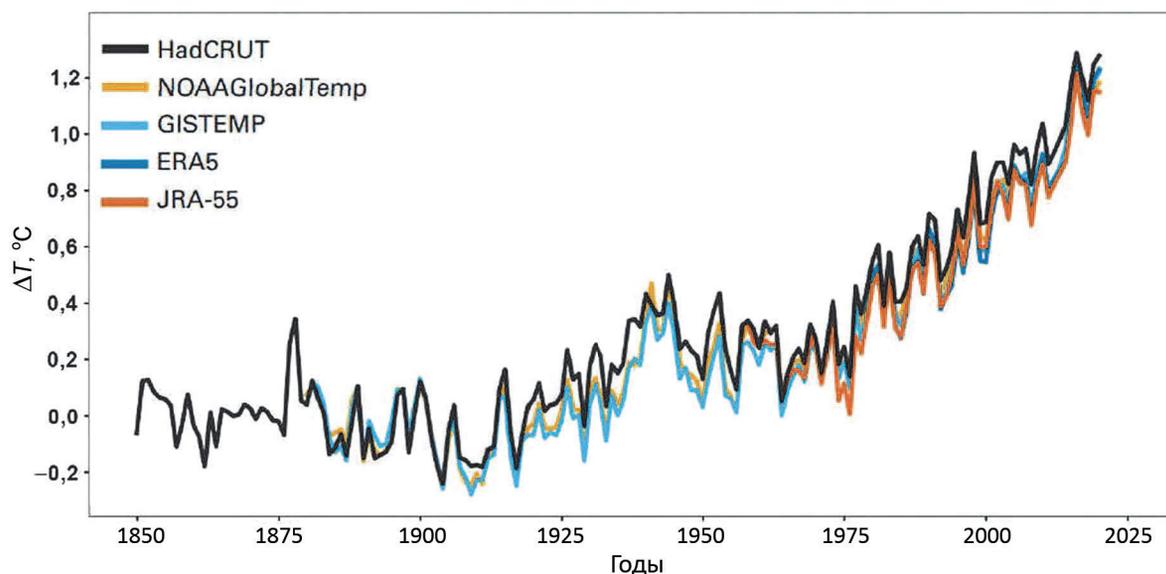


Рис. 2. Отклонение среднеглобальной температуры приземного воздуха (°C) от среднеглобальной в доиндустриальный период (1850–1900 гг.) по данным пяти архивов: HadCRUT (Великобритания), NOAA GlobalTemp (NOAA, США), GISTEMP (NASA, США), ERA5 (ECMWF, Европейский Союз), JRA-55 (Япония) (ВМО, 2021) [4]

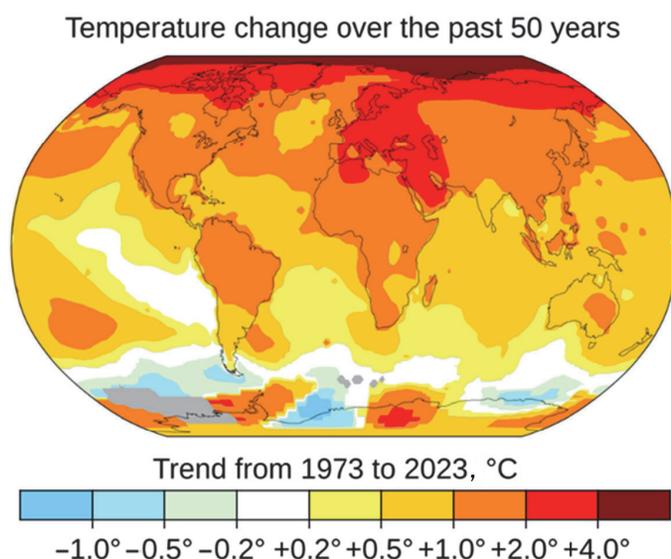


Рис. 3. Карта изменений приземной температуры воздуха с 1973 по 2023 г.

произошло похолодание на 0,4 °C, сменившееся новым потеплением, продолжающимся в настоящее время (рис. 2). По данным Всемирной метеорологической организации (ВМО, 2020), период 2015–2020 гг. был самым теплым шестилетием, а 2011–2020 гг. — самым теплым десятилетием за всю историю наблюдений. Начиная с 1980-х гг. каждое последующее десятилетие было теплее, чем любое предыдущее после 1850 г. Современная средняя глобальная температура приземного воздуха составила примерно 14,9 °C, что на 1,2 °C выше, чем в доиндустриальную эпоху [4, 5].

За период 1959–2021 гг. приземная температура воздуха Земли увеличилась на 0,81 °C [6]. Последние десятилетия характеризуются значительным

потеплением климата, особенно в высоких широтах [7] (рис. 3).

Территория России расположена в Северном полушарии и значительная ее часть — в высоких широтах. Сглаженная кривая на рис. 4 показывает, что начало потепления для северного полушария в целом и для России приходится на начало 1980-х гг. Увеличение летних температур в среднем по территории России происходит в 1,27 раза быстрее, чем по Северному полушарию [8].

Повышение температуры на территории РФ наблюдается во все сезоны. Территория России теплеет примерно в 2 раза быстрее, чем суша в целом: 0,51 °C/10 лет. Начиная с 1980–1990-х гг. каждое последующее десятилетие было теплее преды-

Таблица 1. Климатические параметры холодного периода

Республика, край, автономный округ, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	Продолжительность, сут,	
	0,98	0,92	0,98	0,92				≤ 0 °С	
								продолжительность	средняя температура
Архангельск	-39	-37	-36	-33	-18	-45	8,2	172	-7,6
Уфа	-43	-38	-34	-31	-19	-49	9,6	151	-8,8
Донецк	-29	-26	-26	-22	-9	-35	5,3	118	-4,1
Запорожье	-25	-22	-22	-18	-6	-32	5,6	93	-2,4
Калининград	-24	-21	-20	-18	-5	-33	5,3	75	-1,2
Петропавловск-Камчатский	-21	-19	-18	-16	-10	-34	5,1	156	-4,8
Сочи	-5	-4	-3	-2	3	-13	6,2	0	-
Севастополь	-14	-12	-9	-7	1	-22	6,1	0	-
Курск	-28	-27	-24	-22	-11	-35	5,9	128	-4,7
Луганск	-29	-27	-26	-23	-9	-42	6,0	100	-2,7
Санкт-Петербург	-30	-27	-27	-23	-10	-36	5,6	124	-4,0
Магадан	-30	-29	-28	-27	-20	-35	4,8	207	-10,8
Москва	-31	-28	-26	-23	-11	-43	5,8	130	-4,8
Орел	-27	-23	-24	-20	-14	-39	6,6	128	-4,9
Владивосток	-25	-24	-23	-22	-14	-31	7,2	131	-7,9
Якутск	-56	-53	-53	-51	-42	-64	5,7	206	-24,9
Екатеринбург	-40	-36	-32	-30	-17	-47	6,7	156	-8,6
Казань	-39	-34	-32	-28	-16	-47	6,6	147	-7,4
Томск	-43	-41	-39	-37	-23	-55	8,5	169	-11,4
Херсон	-23	-20	-20	-16	-5	-26	5,9	68	-1,3

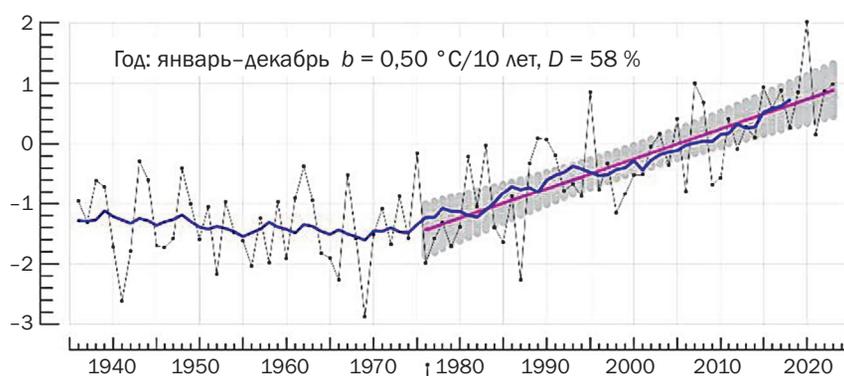


Рис. 4. Сезонная аномалия (июнь–август) температуры приземного воздуха, осредненная по Северному полушарию (суша) и территории России за 1886–2019 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961–1990 гг. [9]

дущего, а из 10 самых теплых лет 9 наблюдались в XXI в. (рис. 5). Однако в 2021 и 2022 гг. это значение понизилось до 0,49 °С/10 лет, а в 2023 г. — до 0,5 °С/10 лет [4, 10, 11] (рис. 6).

Наблюдаемое общее потепление влияет и на другие климатические характеристики, в частности, на средние сезонные осадки и показатели экстремальности режима осадков, облачность, характеристики

сезонного снежного покрова, речной сток, замерзание и вскрытие рек. При происходящем потеплении растет содержание водяного пара в атмосфере, что способствует увеличению количества осадков, включая экстремальные. Рост суточных максимумов осадков проявляется на значительной территории России в холодный сезон (за исключением северо-востока и прибрежных территорий Восточной Арктики).

и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха				Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь–март, мм	Преобладающее направление ветра за декабрь–февраль	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С
≤ 8 °С		≤ 10 °С							
продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура						
245	-4,1	267	-3,1	84	82	196	ЮВ	3,4	2,9
206	-5,4	220	-4,4	79	75	216	Ю	3,8	2,8
182	-1,3	197	-0,5	89	82	329	В	4,5	3,5
168	0,3	185	1,1	87	78	255	В, СВ	–	4,1
184	1,6	209	2,5	85	80	311	З	3,5	2,6
250	-1,5	276	-0,5	67	64	570	С	5,1	4,6
85	6,6	124	7,3	74	69	804	В	2,8	2,2
132	4,9	160	5,6	78	73	190	СВ	6,0	4,2
191	-1,8	208	-0,9	83	78	224	З	3,9	3,1
173	0,1	191	0,9	84	74	184	В	3,5	3,4
208	-0,8	226	0,0	84	81	224	ЮЗ	3,1	2,4
276	-7,0	299	-5,8	61	59	129	СВ	4,8	3,7
202	-1,7	220	-0,8	82	76	237	З	2,0	1,7
195	-1,8	213	-0,9	84	80	204	Ю	4,3	3,8
195	-3,9	217	-2,6	59	52	105	С	7,4	6,4
249	-19,9	261	-18,6	74	74	49	С	1,4	1,5
216	-5,1	235	-3,9	77	72	122	З	4,0	3,1
204	-4,2	219	-3,3	81	77	200	Ю	3,5	2,8
230	-7,3	247	-6,2	78	74	185	Ю	2,6	1,8
161	1,5	180	2,3	87	76	163	В, СВ	4,2	3,7

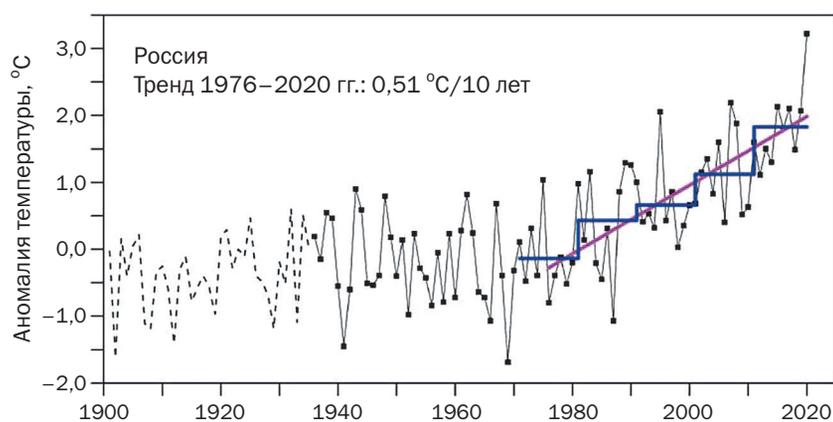


Рис. 5. Изменения приповерхностной температуры на территории России в период с начала XX столетия. Показаны: среднегодовая аномалия относительно норм 1961–1990 гг. (до 1936 г. — пунктир, из-за слабой освещенности данными наблюдений АТР); средние десятилетние величины за 1971–1980, ..., 2011–2020 гг.; линейный тренд за 1976–2020 гг. [4]

Летом в южных районах Европейской части России отмечается убывание количества осадков [4].

Около 60 % территории Российской Федерации находятся в условиях многолетнемерзлых грунтов. В последнее десятилетие температура многолетнемерзлых грунтов в Северном полушарии увеличилась на $0,39 \pm 0,15$ °С в зоне сплошного

и на $0,20 \pm 0,10$ °С в зоне прерывистого распространения, почти повсеместно увеличилась мощность сезонно-талого слоя.

Таким образом, происходящие в настоящее время климатические изменения в сторону потепления должны быть отражены в нормативных технических документах для строительной от-

Таблица 2. Климатические параметры теплого периода

Республика, край, область, АО, пункт	Барометрическое давление, ГПа	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,95	Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,98	Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, °С	Абсолютная максимальная температура воздуха, °С
Архангельск	1011	20	23	22,2	34
Уфа	1005	24	28	26,8	39
Донецк	989	26	30	27,1	39
Запорожье	1003	27	31	28,4	40
Калининград	1013	22	25	23,9	37
Петропавловск-Камчатский	1000	16	19	17,9	30
Сочи	1009	26	28	28,5	39
Севастополь	1015	28	31	27,7	38
Курск	987	24	27	25,6	39
Луганск	1009	26	30	28,4	42
Санкт-Петербург	1013	21	24	23,4	37
Магадан	996	13	15	15,6	28
Москва	997	23	26	24,8	38
Орел	992	33	40	25,3	40
Владивосток	993	21	23	23,5	34
Якутск	1003	23	27	25,7	38
Екатеринбург	982	23	26	25,2	39
Казань	1002	24	27	26,3	39
Томск	1001	22	25	25,3	36
Херсон	1010	26	30	29,3	41

Таблица 3. Средняя месячная и годовая температура воздуха

Республика, край, автономный округ, область, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Архангельск	-12,6	-11,2	-5,5	0,4	7,2	13,1	16,4	13,4	8,3	2,1	-4,4	-9,0	1,5
Уфа	-12,9	-12,0	-5,0	5,5	13,5	17,8	19,7	17,4	11,4	4,2	-3,9	-10,3	3,8
Донецк	-5,8	-5,5	0,0	8,8	15,3	19,0	21,1	20,3	14,4	7,4	0,9	-3,7	7,7
Запорожье	-3,4	-2,8	2,3	10,0	16,6	20,5	22,3	21,9	16,2	9,3	2,6	-1,5	9,5
Калининград	-1,7	-1,2	2,0	7,1	12,4	15,9	18,0	17,6	13,1	8,4	3,7	0,2	8,0
Петропавловск-Камчатский	-6,7	-6,2	-3,7	0,3	4,6	9,5	13,0	13,6	10,5	5,3	-0,6	-5,0	2,9
Сочи	6,1	6,5	8,3	12,2	16,3	20,5	23,3	23,8	20,1	15,8	11,3	8,1	14,4
Севастополь	3,8	4,2	7,1	10,9	16,3	21,4	24,4	24,4	19,4	14,4	9,6	5,6	13,5
Курск	-6,7	-6,2	-1,0	7,7	14,5	18,0	19,6	18,8	12,9	6,3	-0,2	-4,5	6,6
Луганск	-4,6	-4,0	1,4	9,9	16,1	20,3	22,2	21,3	15,4	8,5	1,9	-2,3	8,8
Санкт-Петербург	-5,6	-5,5	-1,2	4,8	11,4	16,1	18,8	17,0	11,7	6,0	0,6	-3,3	5,9
Магадан	-16,2	-15,2	-11,2	-4,5	1,9	7,8	11,8	12,1	7,5	-1,0	-9,9	-14,7	-2,6
Москва	-7,0	-6,4	-1,0	6,5	13,3	17,2	19,2	17,2	11,4	5,4	-0,7	-4,8	5,9
Орел	-7,1	-6,6	-1,4	7,1	13,9	17,6	19,2	18,0	12,2	6,0	-0,1	-4,7	6,2
Владивосток	-12,3	-8,8	-1,7	5,0	9,9	13,6	17,9	19,9	16,0	8,9	-0,7	-9,2	4,9
Якутск	-38,6	-33,9	-19,8	-4,4	7,8	16,6	19,5	15,3	6,1	-7,5	-27,0	-37,5	-8,6
Екатеринбург	-13,1	-11,2	-3,9	4,5	11,7	16,8	18,8	16,1	10,0	2,9	-5,6	-10,6	3,0
Казань	-10,8	-10,2	-3,9	5,5	13,7	18,1	20,3	18,1	11,8	4,6	-2,8	-8,2	4,7
Томск	-17,6	-15,2	-7,0	2,0	9,9	16,3	18,6	15,6	9,2	1,5	-8,3	-14,9	0,8
Херсон	-1,8	-0,9	3,7	10,2	16,4	20,7	22,9	22,5	17,1	10,5	4,3	0,3	10,5

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, °С	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца, %	Количество осадков за апрель–октябрь, мм	Суточный максимум осадков, мм	Преобладающее направление ветра за июнь–август	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с
10,7	73	59	406	63	С	2,3
13,1	68	50	354	61	С	0,0
11,0	63	40	329	125	В	3,8
11,7	62	41	398	121	С	0,0
10,1	75	58	495	118	З	2,6
6,8	82	73	638	200	ЮВ	0,0
7,9	78	67	853	245	В	1,5
8,1	71	61	230	118	В	0,0
10,4	65	50	414	100	З	2,7
12,3	63	41	317	98	З	0,0
8,2	70	57	436	76	З	2,2
5,5	83	76	442	108	З	3,1
10,2	71	55	476	88	С	0,0
11,1	73	56	417	77	Ю	2,9
5,6	87	78	746	244	Ю	6,0
13,1	61	44	187	49	СЗ	2,5
10,5	64	50	394	94	З	2,5
10,3	64	50	365	121	З	0,0
11,6	73	55	380	81	Ю	0,0
12,1	83	40	295	102	С	2,8

Таблица 4. Средняя месячная и годовая скорость ветра

Республика, край, автономный округ, область, пункт	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Архангельск	2,9	2,9	2,9	2,8	2,9	2,7	2,4	2,4	2,6	2,9	2,9	2,9	2,8
Уфа	2,9	2,7	2,7	2,8	2,8	2,3	2,1	2,0	2,2	2,8	2,8	2,7	2,6
Донецк	5,0	5,3	5,2	4,7	3,9	3,5	3,4	3,5	3,8	4,3	4,6	5,0	4,3
Запорожье	4,4	4,7	4,6	4,4	3,8	3,5	3,5	3,6	3,8	4,0	4,2	4,5	4,1
Калининград	2,7	2,6	2,6	2,5	2,2	2,0	2,0	1,8	1,9	2,2	2,6	2,6	2,3
Петропавловск-Камчатский	4,9	5,0	4,8	4,1	3,4	3,1	2,8	2,9	3,5	4,6	5,3	5,0	4,1
Сочи	2,2	2,1	2,0	1,8	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	2,0	2,1	1,8
Севастополь	4,2	4,2	4,2	3,8	3,5	3,6	3,7	3,6	3,6	3,7	3,8	4,3	3,9
Курск	3,3	3,2	3,2	3,0	2,6	2,4	2,3	2,2	2,5	2,9	3,1	3,3	2,8
Луганск	3,0	3,4	3,0	3,1	2,6	2,0	1,9	2,0	2,2	2,5	2,9	2,9	2,6
Санкт-Петербург	2,5	2,3	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,9	2,3	2,6	2,6	2,2
Магадан	4,3	4,0	3,8	3,5	3,2	3,2	3,0	2,9	3,1	3,6	4,2	4,3	3,6
Москва	1,7	1,7	1,7	1,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,2	1,5	1,7	1,7	1,5
Орел	3,9	4,0	3,9	3,7	3,3	3,0	2,8	2,8	3,0	3,5	3,8	4,0	3,5
Владивосток	6,7	6,4	6,1	6,3	6,2	5,8	5,6	5,6	5,5	6,3	6,5	6,4	6,1
Якутск	0,8	0,9	1,4	2,1	2,6	2,4	2,2	2,0	2,1	1,8	1,2	0,9	1,7
Екатеринбург	3,0	2,9	3,1	3,2	2,9	2,7	2,3	2,4	2,7	3,2	3,2	3,1	2,9
Казань	2,9	2,8	2,6	2,7	2,5	2,3	2,1	2,1	2,3	2,8	2,9	2,9	2,6
Томск	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	1,4	1,2	1,2	1,3	1,7	1,8	1,8	1,6
Херсон	3,7	3,9	4,0	3,5	3,0	2,8	2,8	2,8	2,9	3,1	3,4	3,7	3,3

Таблица 5. Изменение климатических параметров в отдельных городах России за период с 1982 по 2024 г.

Пункт	Нормативный документ	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С
		0,98	0,92	0,98	0,92			
Москва	СНиП 2.01.01–82	–35	–32	–30	–26	–	–42	–
	СНиП 23-01–99	–36	–32	–30	–28	–15	–42	6,5
	СП 131.13330.2012 (до 2010 г.)	–35	–28	–29	–25	–13	–43	5,4
	СП 131.13330.2020	–34	–29	–29	–26	–13	–43	6,0
	СП131.13330.2024	–31	–28	–26	–23	–11	–43	5,8
Санкт-Петербург	СНиП 2.01.01–82	–32	–29	–29	–26	–	–	–
	СНиП 23-01–99 (2003 г.)	–33	–30	–30	–26	–11	–36	5,6
	СП 131.13330.2012 (до 2010 г.)	–32	–27	–28	–24	–11	–36	5,3
	СП 131.13330.2020	–31	–28	–27	–24	–11	–36	5,8
	СП131.13330.2024	–30	–27	–27	–23	–10	–36	5,6
Курск	СНиП 2.01.01–82	–	–	–	–	–	–	–
	СНиП 23-01–99 (2003 г.)	–32	–30	–29	–26	–14	–	6,3
	СП 131.13330.2012 (до 2010 г.)	–29	–27	–24	–24	–12	–	5,6
	СП 131.13330.2020	–29	–27	–25	–23	–12	–	6,2
	СП131.13330.2024	–28	–27	–24	–22	–11	–	5,9

Таблица 6. Климатические параметры холодного периода для Москвы и Московской области

Республика, край, автономный округ, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С,			
	0,98	0,92	0,98	0,92				≤ 0 °С		≤ 8 °С	
								продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура
Московская область											
Дмитров	–35	–31	–30	–26	–12	–43	6,2	138	–5,4	207	–2,3
Кашира	–32	–29	–28	–25	–13	–44	6,2	138	–5,6	203	–2,5
Можайск	–34	–31	–27	–25	–12	–44	7,3	136	–5,3	208	–2,0
Москва	–31	–28	–26	–23	–11	–43	5,8	130	–4,8	202	–1,7
Наро-Фоминск	–33	–30	–28	–25	–12	–42	7,3	136	–5,3	207	–2,1
Павловский Посад	–33	–30	–29	–25	–13	–45	7,2	137	–5,5	205	–2,3
Подмосковная	–31	–29	–27	–25	–11	–44	7,1	131	–4,8	203	–1,7
Черусти	–35	–32	–30	–26	–14	–45	8,5	139	–5,9	206	–2,6

расли. На сегодняшний день основным документом, в котором представлены климатические данные для строительного проектирования, является СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01–99* Строительная климатология». Регулярно в него вносятся

изменения и примерно каждые 5 лет происходит пересмотр всех климатических параметров с целью обеспечения строительной отрасли актуальной климатической информацией. В частности, в 2024 г. была проведена большая работу по пере-

Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха						Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь–март, мм
≤ 0 °С		≤ 8 °С		≤ 10 °С				
продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура			
151		213	-3,6	230	-2,7	–	–	–
145	-6,5	214	-3,1	231	-2,2	84	77	201
135	-5,5	205	-2,2	223	-1,3	83	82	225
135	-5,3	204	-2,2	222	-1,3	84	80	235
130	-4,8	202	-1,7	220	-0,8	82	76	237
143		219	-2,2	242	-1,1	–	–	–
139	-5,1	220	-1,8	239	-0,9	86	83	200
131	-4,6	213	-1,32	232	-0,4	86	84	202
130	-4,4	211	-1,2	230	-0,4	86	84	217
124	-4,0	208	-0,8	226	0,0	84	81	224
–	–	–	–	–	–	–	–	–
132	-5,6	198	-2,4	216	-1,4	86	78	212
132	-5,3	194	-2,3	211	-1,4	85	83	217
132	-5,1	194	-2,2	210	-1,3	85	81	224
128	-4,7	191	-1,8	208	-0,9	83	78	224

периода со средней суточной температурой воздуха		Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь–март, мм	Преобладающее направление ветра за декабрь–февраль	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С
≤ 10 °С							
продолжительность	средняя температура						
225	-1,4	84	80	199	Ю	3,9	2,9
220	-1,6	84	81	192	Ю	4,4	3,5
226	-1,2	83	77	204	Ю	3,8	3,0
220	-0,8	82	76	237	З	2,0	1,7
225	-1,2	84	80	207	Ю	3,6	3,1
223	-1,4	84	80	217	Ю	2,8	2,5
221	-0,9	85	80	192	Ю	3,1	2,5
224	-1,7	84	80	197	Ю	3,1	2,5

смотру данного документа. В результате в Свод правил к 440 населенным пунктам было добавлено еще 115 новых пунктов, включая вновь присоединенные территории, проведен пересчет всех климатических параметров за период с 1973 по 2022 г.

(табл. 1–3), введены новые таблицы со значениями средних месячных и годовых значений скоростей ветра (табл. 4) и осадков, пересмотрены карты климатического районирования северной климатической зоны, карты климатического районирования

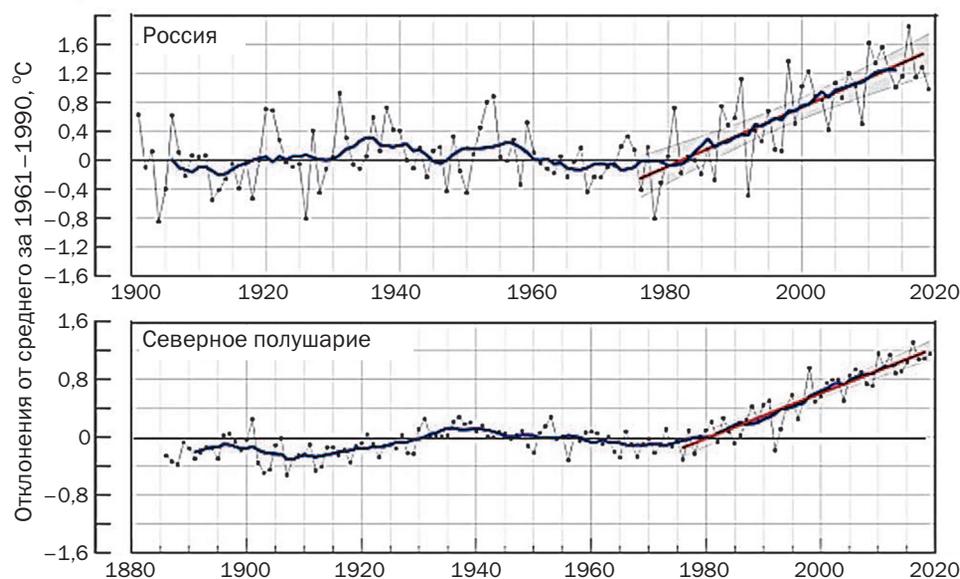


Рис. 6. Средние годовые (вверху) аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории России [10]

ния по распределению среднего за год числа дней с переходом температуры воздуха через 0 °C, по величине удельной энтальпии наружного воздуха для теплого периода, обеспеченностью 0,98 (параметр А) и обеспеченностью 0,95 (параметр В), а также разработаны новые схематические карты районирования территории РФ по продолжительности периода с устойчивыми морозами и годового прихода суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность, при реальных условиях облачности.

Анализ климатических параметров, отраженных в нормах по климатологии: СНиП 2.01.01–82 «Строительная климатология и геофизика» (1982 г.), СНиП 23-01–99 «Строительная климатология» (2003 г.), СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01–99* Строительная климатология», СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01–99* Строительная климатология» и в пересмотренной в 2024 г. редакции СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01–99* Строительная климатология», показал, что практически по всей территории РФ в холодный период года наблюдается повышение температур (табл. 5).

При пересмотре СП 131.1330.2020 в состав документа были добавлены новые пункты, в том числе и на территории Московской области. Анализ представленных данных по температуре в табл. 6 показывает, что температура наиболее холодной пятидневки в Москве на 2 градуса выше, чем в Павловом Посаде, Наро-Фоминске, Кашире и Можайске, и на 3 градуса выше, чем в Дмитрове и Черусти. Это свидетельствует о том, что в Московской области город Москва является тепловым островом. «Остров тепла» — это метеорологическое явление, когда температура воздуха в городе выше, чем в окружающей его сельской местности [12, 13].

Следует отметить, что явление «городского теплового острова» впервые было обнаружено англичанином Люком Ховардом, который по праву считается пионером исследований городского климата. Люк Ховард получил образование химика-производителя и открыл собственную аптеку в самом центре лондонского мегаполиса в 1794 г. во времена бурного развития научных исследований и дискуссий. Всю жизнь Ховард интересовался наблюдением и изучением климата и атмосферных явлений. Влияние городской среды на климат Говард обнаружил, когда он сравнивал свои температурные измерения в центре Лондона с данными, сделанными Королевским обществом в Сомерсет-Хаусе. Это дало ему основание утверждать, что температура воздуха в городе выше, чем в сельской местности. И объяснил он наблюдаемое явление тем, что город Лондон «потребляет слишком много искусственного тепла», в городе скученно проживает много людей и потребляется большое количество топлива на отопление домов в каминах [14]. Анализ Ховарда основан на данных о температуре, собранных в трех разных местах за пределами Лондона, в том числе в деревне Плейстоу в 6,4 км к востоку от Лондона в 1809 г. и в Тоттенхэме, где показания снимались между 1813 и 1816 гг., и в Сомерсет-Хаусе (Королевское общество) в Лондоне. Городской эффект рассматривается как разница температур между его «городскими» и «сельскими» участками (ΔT_{u-r}). Было установлено, что еще в начале XIX в. среднее превышение температуры в центре Лондона по сравнению с окрестностями составляет 1,579 °C [14]. Таким образом, Люк Ховард впервые осознал степень влияния городов на климат, и только в 1970-х гг. ученый сформулировал проблемы, связанные с изучением «городского эффекта» [15].

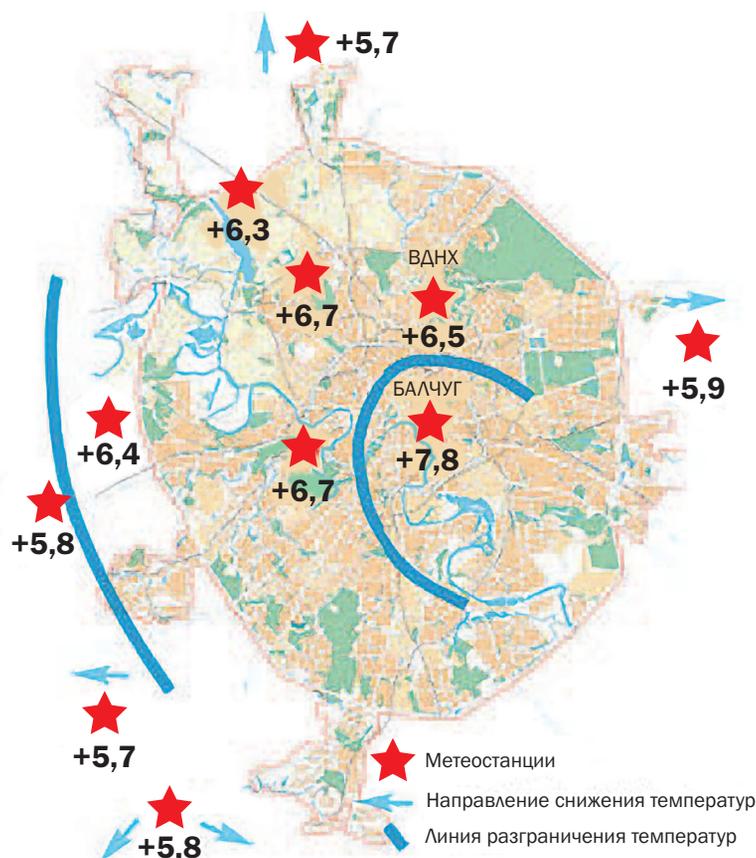


Рис. 7. Средние температуры за период 2010–2014 гг. на метеостанциях Москвы и Подмосковья [16]. Карта составлена М.А. Локощенко

Наблюдаемая во всем мире тенденция к росту городов привела к тому, что разность между температурой в центре города и окружающей его сельской местностью постепенно увеличивается. Эта разность температур называется интенсивностью «островов тепла» [12]. Превращение Москвы в «тепловой остров» как и большинства городов вызвано рядом причин. Достаточно плотная застройка каменными зданиями территории города приводит к тому, что замедляется движение ветровых потоков на территории города, увеличиваются теплопоступления от домов в окружающую среду в зимнее время, а летом нагретые поверхности стен зданий в ночное время «отдают» тепло, нагревая окружающий воздух. Также под действием солнечной радиации наружные стены каменных зданий нагреваются сильнее, что способствует повышению температуры воздуха в городе. К повышению температуры воздуха в городе приводит значительно альбедо поверхностей асфальтированных дорог и замощенных камнем поверхностей. Как правило, дороги, тротуары, площадки покрыты водонепроницаемыми материалами, по которым вода стекает в ливневую канализацию, и это уменьшает расход тепла на испарение влаги. Наличие промышленных предприятий, торговых центров, плотной застройки способствуют усилению интенсивности «островов тепла».

Как видно на карте (рис. 7), средняя — период с 2010 по 2014 г. — температура воздуха в районе Балчуга составила + 7,8 °С, в то время как на подмосковных метеостанциях — от + 5,7 до +5,9 °С, т.е. разница температур составила 1,9–2,1 °С. Для Москвы в первые годы XXI в. максимальное значение этой разности неоднократно превышало 10 °С, а один раз достигло даже 14 °С [16].

В Москве как на типичном городском «острове тепла» заморозки наступают позже, чем в Подмосковье. На карте показана минимальная температура воздуха, зафиксированная 29 сентября 2021 г. [17]: теплее всего в центре Москвы на метеостанции Балчуг, где температура воздуха + 4,9 °С, в районе ВДНХ температура ниже на 4,2 °С и составила 0,7 °С.

На расстоянии 5 км на северо-запад от МКАД в Красногорске минимальная температура воздуха составила 0,0 °С, в 17 км на юг от МКАД в Домодедово (–0,7) °С, в 19 км на северо-восток от МКАД в Пушкино (–1,5) °С (рис. 8).

Явление городского «острова тепла» является достаточно яркой демонстрацией влияния человека и урбанизированной среды на климат местности. В настоящее время города занимают лишь 2 % площади Земли, однако в них проживают около половины населения планеты [12]. Поэтому одной из задач является уменьшить негативное влияние



Рис. 8. Минимальная температура воздуха в Москве и Подмоскowie 29 сентября 2021 г. [17]

тепловых островов как на человека, находящегося в городе, так и на природу.

В настоящее время разработаны мероприятия, которые могут уменьшить интенсивность «островов тепла» в летнее время. К ним нужно отнести в первую очередь озеленение территории города: посадку деревьев, разбивку парков, создание зеленых зон, озеленение парковок, устройство зеленых крыш в регионах, где позволяют погодные условия, а также организацию водоемов. Также целесообразно окрашивать поверхности зданий в светлые тона, увеличивая тем самым их отражательную способность.

Климатологи рекомендуют строить города с широкими улицами. При небольшом расстоянии между домами потоки ветра нормально не аэрируют узкие переулки и улицы, считает климатолог Михаил Локощенко. Воздух в этих кварталах становится малоподвижным, застаивается и нагревается сильнее, чем в более разреженных. Он также считает, что эффективнее было бы открыть реки, которые сейчас заключены в коллекторы. Например, в Москве, помимо реки Неглинная, были спрятаны в коллектор ручей Черторый, идущий от Патриарших прудов до Храма Христа Спасителя; от современного Грузинского вала до Пресненской набережной проходила река Пресня, которую еще в 1908 г. убрали в коллектор. При этом следует отметить, что даже небольшая река может понизить температуру воздуха вокруг себя на 1 градус.

В настоящее время в Москве ведется большая работа по улучшению экологической обстановки в городе. Здесь организовано около 145 особо охраняемых природных территорий площадью более 19,7 тысяч гектар, в которых вмешательство человека в экосистему сведено к минимуму для условий мегаполиса. Из них 30 — это крупные лесные и исторические природные территории, такие как ландшафтные заказники «Тропаревский» (218 га), «Долина реки Сетунь» (696 га) и «Теплый Стан» (369 га), природно-исторические парки «Битцевский лес» (2188 га, лес 1600 га), «Измайлово» (1608 га) и «Москворецкий» (3600 га) и другие [13]. Проводимые и планируемые мероприятия должны благотворно сказаться на экологической обстановке в городе и в будущем уменьшить интенсивность городского «острова тепла» в Москве.

В настоящее время в Москве ведется большая работа по улучшению экологической обстановки в городе. Здесь организовано около 145 особо охраняемых природных территорий площадью более 19,7 тысяч гектар, в которых вмешательство человека в экосистему сведено к минимуму для условий мегаполиса. Из них 30 — это крупные лесные и исторические природные территории, такие как ландшафтные заказники «Тропаревский» (218 га), «Долина реки Сетунь» (696 га) и «Теплый Стан» (369 га), природно-исторические парки «Битцевский лес» (2188 га, лес 1600 га), «Измайлово» (1608 га) и «Москворецкий» (3600 га) и другие [13]. Проводимые и планируемые мероприятия должны благотворно сказаться на экологической обстановке в городе и в будущем уменьшить интенсивность городского «острова тепла» в Москве.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федоров В.М., Гребенников П.Б. Малый (средневековый) климатический оптимум голоцена и его возможные причины // Жизнь Земли. 2020. Т. 42. № 4. С. 395–405. DOI: 10.29003/m1768.0514-7468.2020_42_4/395-405
2. Шумилов О.И., Касаткина Е.А. Вековые минимумы солнечной активности в древесно-кольцевых хронологиях кольского полуострова: что нас ожидает? // Гелиогеофизика. Труды Кольского научного

- центра. 2020. № 8 (10). Вып. 5. С. 88–100. DOI: 10.25702/KSC.2307–5252.2019.10.8.88-99
3. Федоров В.М., Фролов Д.М. Малый ледниковый период Земли и его возможные причины // Жизнь Земли. 2020. Т. 42. № 1. С. 4–12. DOI: 10.29003/m875.0514-7468.2020_42_1/4-12
 4. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб. : Научно-технологические технологии, 2022. 124 с.
 5. Федоров В.М. Политика в области климата и вопросы национальной безопасности Российской Федерации // Политика и Общество. 2017. № 12. С. 80–89. DOI: 10.7256/2454–0684.2017.12.24888
 6. Глазьев С.Ю., Безруков Л.Б., Долголатев А.В., Ларин Н.В., Сывороткин В.Л., Федоров В.М. Климатические изменения и энергопереход // Экономические стратегии. 2023. № 6 (192). С. 16–29. DOI: 10.33917/es-6.192.2023.16-29
 7. Мохов И.И. Изменения климата: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования // Вестник российской академии наук. 2022. Т. 92. № 1. С. 3–14. DOI: 10.31857/S0869587322010066
 8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М., 2020. 97 с.
 9. Погоньшова И.А., Врабий Э.В. Актуальные проблемы изменения климата в странах Европейского Союза и в России (обзор литературы) // Окружающая среда, здоровье и изменение климата: опыт Европейского союза : мат. науч.-практ. семинара (25 ноября 2019 г.). Нижневартовск : Наука и практика, 2020. С. 15–24.
 10. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2022 год. М., 2023. 108 с.
 11. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2023 год. М., 2024. 112 с.
 12. Локощенко М.А., Енукова Е.А., Алексеева Л.И. О современных изменениях “острова тепла” Москвы // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 511. № 2. С. 243–253. EDN WGLFVM. DOI: 10.31857/S2686739723600728
 13. Ильина И. Почему в Москве всегда теплее, чем в Подмосковье. URL: <https://www.kp.ru/daily/27424/4624418/>
 14. Howard L. The Climate of London. London, 1833. Vol. 1. 221 p.
 15. Lowry W.P. Empirical Estimation of Urban Effects on Climate: A Problem Analysis // Journal of Applied Meteorology. 1977. No. 16. Pp. 129–135. DOI: 10.1175/1520-0450(1977)016<0129:EEOUEO>2.0.CO;2
 16. Быкова М. Ученые открыли над Москвой остров тепла. URL: <https://www.mk.ru/moscow/2016/04/05/uchenye-otkryli-nad-moskvoy-ostrov-tepla.html>
 17. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/weather/pogoda-v-moskve-pervye-zamorozki-ostrov-tepla-i-gustye-tumany/>

Об авторах: **Нина Павловна Умнякова** — д-р техн. наук, доцент, заместитель директора, профессор кафедры ПГ СМФ; **Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Минстроя России**; 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26;

Владимир Александрович Смирнов — канд. техн. наук, доцент; **Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Минстроя России**; 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21; ведущий научный сотрудник; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

REFERENCES

1. Fedorov V.M., Grebennikov P.B. Small (medieval) climatic optimum of the Holocene and its possible causes. *Life of the Earth*. 2020; 42(4):395-405. DOI: 10.29003/m1768.0514-7468.2020_42_4/395-405 (rus.).
2. Shumilov O.I., Kasatkina E.A. Secular minimums of solar activity in tree-ring chronologies of the Kola Peninsula: what awaits us? *Heliogeophysics. Proceedings of the Kola Scientific Center*. 2020; 8(10):5:88-100. DOI: 10.25702/KSC.2307–5252.2019.10.8.88-99 (rus.).
3. Fedorov V.M., Frolov D.M. The Little Ice Age of the Earth and its possible causes. *Life of the Earth*. 2020; 42(1): 4-12. DOI: 10.29003/m875.0514-7468.2020_42_1/4-12 (rus.).
4. Third assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. General summary. St. Petersburg, High technology, 2022; 124. (rus.).
5. Fedorov V.M. Climate policy and issues of national security of the Russian Federation. *Politics and Society*. 2017; 12:80-89. DOI: 10.7256/2454–0684.2017.12.24888 (rus.).
6. Glazьев S.Yu., Bezrukov L.B., Dolgolaptev A.V., Larin N.V., Syvorotkin V.L., Fedorov V.M. Climate change and energy transition. *Economic strategies*. 2023; 6(192):16-29. DOI: 10.33917/es-6.192.2023.16-29 (rus.).

7. Mokhov I.I. Climate change: causes, risks, consequences, problems of adaptation and regulation. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*. 2022; 92(1):3-14. DOI: 10.31857/S0869587322010066 (rus.).
8. Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2019. Moscow, 2020; 97. (rus.).
9. Pogonysheva I.A., Vrabiy E.V. Topical issues of climate change in the EU countries and Russia (review literature). *Environment, Health and Climate Change: Experience of the European Union : Proceedings of the Research and Practical Seminar November 25, 2019*. Nizhnevartovsk, 2020; 15-24. (rus.).
10. Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2022. Moscow, 2023; 108. (rus.).
11. Report on the peculiarities of the climate in the territory of the Russian Federation for 2023. Moscow, 2024; 112. (rus.).
12. Lokoshchenko M.A., Erukova E.A., Alekseeva L.I. On modern changes in Moscow's "heat island". *Reports of the Russian Academy of Sciences. Geosciences*. 2023; 511(2):243-253. EDN WGLFVM. DOI: 10.31857/S2686739723600728 (rus.).
13. Ilyina I. *Why is it always warmer in Moscow than in the Moscow region*. URL: <https://www.kp.ru/daily/27424/4624418/>. (rus.).
14. Howard L. *The Climate of London*. London, 1833; 1:221.
15. Lowry W.P. Empirical Estimation of Urban Effects on Climate: A Problem Analysis. *Journal of Applied Meteorology*. 1977; 16:129-135. DOI: 10.1175/1520-0450(1977)016<0129:EEOUEO>2.0.CO;2
16. Bykova M. *Scientists have discovered a heat island over Moscow*. URL: 2016/04/05/uchenye-otkryli-nad-moskovoy-ostrov-tepla.html (rus.).
17. URL: <https://www.gismeteo.ru/news/weather/pogoda-v-moskve-pervye-zamorozki-ostrov-tepla-i-gustye-tumany/> (rus.).

About the authors: **Nina P. Umnyakova** — Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Deputy Director, Professor of the Department of PG SMF; **Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia**; 21 Lokomotivny pr., Moscow, 127238, Russian Federation; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation;

Vladimir A. Smirnov — Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor; **Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RAASN) Ministry of Construction of Russia**; 21 Lokomotivny pr., Moscow, 127238, Russian Federation; Leading Researcher; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation.

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАРСТОВОЙ ОПАСНОСТИ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В СВЕТЕ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИИ

Валерий Львович Беляев¹, Андрей Александрович Лаврусевич²

¹ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация;

² Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ); г. Москва, Российская Федерация

Выявляется место и роль оценки карстовой опасности городских территорий в системе градостроительной деятельности как элемента инженерно-геологических изысканий, а также как фактора экологической чрезвычайной ситуации. Цель работы заключалась в выявлении основных недостатков (пробелов, коллизий и других) нормативных правовых актов и документов стандартизации, касающихся оценки карстоопасности и возможности их оптимизации во взаимной гармонизации.

Для ее достижения выполнен анализ текущей ситуации в контексте качества основных правовых актов РФ (сферы не только градостроительного, но и иного законодательства), а также города Москвы, регулирующих рассматриваемые отношения. Аспект стандартизации рассмотрен более широко, включая анализ регламентации в сферах профессиональных компетенций и организации образовательного процесса (уровень высшего профессионального образования) с акцентом на техническое регулирование.

Результаты анализа показали недостаточную полноту и качество раскрытия соответствующих предметных положений. При этом дефекты нормативно-технических документов во многом определялись несовершенством соответствующих правовых актов и прежде всего их пробелами в рассматриваемой части.

Проведенный анализ позволил в итоге предложить ряд направлений и мер по устранению недостатков в исследуемой сфере государственной регламентации, повышению ее эффективности с обозначением отдельных направлений продолжения работы.

Ключевые слова: градостроительное законодательство, инженерно-геологические изыскания, стандартизация, техногенное воздействие, оценка карстовой опасности, чрезвычайная ситуация

Для цитирования: Беляев В.Л., Лаврусевич А.А. Проблемы оценки карстовой опасности городских территорий в свете правового регулирования и стандартизации // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 79–95. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.79-95

PROBLEMS OF ASSESSING THE KARST HAZARD OF URBAN AREAS IN THE LIGHT OF LEGAL REGULATION AND STANDARDIZATION

Valery L. Belyaev¹, Andrey A. Lavrusevich²

¹ Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation;

² Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (MGRI); Moscow, Russian Federation

The place and role of the assessment of karst hazard of urban areas in the system of urban planning activities as an element of engineering and geological surveys, as well as a factor of environmental emergency are identified. The purpose of the work was to identify the main shortcomings (gaps, collisions, etc.) of regulatory legal acts and standardization documents related to the assessment of karst hazard and the possibility of their optimization in mutual harmonization.

To achieve this goal, an analysis of the current situation was carried out in the context of the quality of the main legal acts of the Russian Federation (not only urban planning, but also other legislation), as well as the city of Moscow, regulating the relations in question. The aspect of standardization is considered more broadly, including an analysis of regulation in the fields of professional competencies and the organization of the educational process (the level of higher professional education) with an emphasis on technical regulation. The results of the analysis showed insufficient completeness and quality of disclosure of the relevant substantive provisions. At the same time, the defects of regulatory and technical documents were largely determined by the imperfection of the relevant legal acts and, above all, by their gaps in the part under consideration.

The analysis made it possible to propose a number of directions and measures to eliminate deficiencies in the field of state regulation under study, increase its effectiveness, and identify specific areas for continued work.

Keywords: urban planning legislation, engineering and geological surveys, standardization, anthropogenic impact, karst hazard assessment, emergency situation

For citation: Belyaev V.L., Lavrusevich A.A. Problems of assessing the karst hazard of urban areas in the light of legal regulation and standardization. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1:79-95. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.79-95 (rus.).

Введение

Согласно Градостроительному кодексу РФ (ГрК РФ), стержневым принципом и направлением осуществления градостроительной деятельности является устойчивое развитие территорий, предполагающее безопасные и благоприятные условия жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия на окружающую среду, а также охрану и рациональное использование природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений. Стратегический характер данного направления подтверждается его соответствием актуализированной национальной цели развития «комфортная и безопасная среда для жизни»¹. В свою очередь, этому в полной мере отвечает модель инженерной защиты территории от опасных геологических процессов, которая предполагает проведение соответствующей оценки опасности и призвана обеспечивать, прежде всего, безопасность, а также рациональность решений в сфере пространственного развития.

В соответствии с ГрК РФ, Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений (№ 384-ФЗ) и согласно рассмотренным ниже документам по стандартизации, проведение оценки карстовой опасности (ОКО), включая оценку риска чрезвычайных ситуаций (ЧС), вызванных карстопроявлениями, является неотъемлемым элементом инженерных изысканий и осуществляется в процессе их выполнения. Отношения в сфере таких изысканий в свою очередь регулируются, прежде всего, законодательством о градостроительной деятельности, которое, как отмечено выше, нацелено на обеспечение устойчивого пространственного развития. Соответственно, в такой стратегический вектор вписывается и ОКО, что подчеркивает ее актуальность.

Карст, который входит в число опасных геологических процессов, распространен на территории страны достаточно широко. Распространен карст (карстово-суффозионные процессы) и на территориях многих городов, включая крупнейшие (Москва, Уфа, Пермь и другие). Наряду с известной степенью опасности и «коварства» механизм карстообразования и карстопроявления на городских территориях осложнен техногенным воздействием на карст, что затрудняет выполнение ОКО и требует учета при оценке карстового риска и риска возмож-

ных ЧС. Эти обстоятельства обусловили рассмотрение авторами именно городских территорий.

Объектом исследования, результаты которого отражены в настоящей статье, таким образом, является ОКО на территориях российских городов, а ее предметом — правовое регулирование и стандартизация проведения ОКО. Цель заключалась в выявлении уровня эффективности нормативных правовых актов и нормативно-технических документов (документов по стандартизации)² в части, касающейся ОКО в рамках выполнения инженерно-геологических изысканий (далее также — «изыскания») и выработки направлений их совершенствования.

Для достижения цели поставлены две основные задачи:

- выявление и сопряженный анализ соответствующих разделов нормативных документов с оценкой полноты и эффективности норм (требований) по выполнению ОКО;
- установление причин выявленных недостатков и разработка предложений по их устранению (совершенствованию нормативных документов).

Выдвинуто предположение (гипотеза), что несовершенство нормативных документов в части ОКО затрудняет устойчивое развитие территорий.

Для постановки проблемы рассмотрен основной отраслевой документ стратегического планирования и проанализирована научная изученность вопроса. Выяснено, что Стратегия строительной отрасли не учитывает отмеченной значимости вопроса (по сути демонстрирует предметный пробел как в отношении выполнения изысканий, так и в отношении оценки риска ЧС, обусловленных карстовой опасностью) [1]. Это обстоятельство при реализации Стратегии осложнит адекватное развитие системы государственного управления в рассматриваемой сфере градостроительной деятельности, включая ее правовое обеспечение и стандартизацию.

Изученность вопроса применительно к методике самой ОКО достаточно высокая. Можно отметить работы И.А. Саваренского, В.В. Толмачева, В.М. Кутепова, В.П. Хоменко, В.Н. Катаева, А.В. Анисеева, Н.А. Миронова, М.В. Леоненко, А.И. Травкина и целого ряда других отечественных, а также зарубежных авторов [2–6]. Положительную роль в этом играли плановые научно-исследовательские работы, проводимые за счет государствен-

¹ URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50542>

² Использован также объединительный термин «нормативные документы».

ных бюджетных средств (к сожалению, в настоящее время их объем существенно снижен). В то же время аспект регулирования оценки изучен недостаточно (отдельные работы таких исследователей, как В.В. Толмачев, В.П. Костарев, В.П. Хоменко, А.Д. Кочев, В.А. Ёлкин, В.А. Ковалёв, М.И. Богданов [7–9])³. При этом наименее изучен именно вопрос учета техногенной составляющей ОКО (изменение характеристик подземной гидросферы и иных факторов и условий развития карста, провоцируемых «городом»). Малоизучен также вопрос интеграции передового мирового опыта в российскую практику, что во многом объясняется различием в моделях систем законодательства, стандартизации и национальной спецификой системы самих «комплексных» изысканий [10].

На основании изложенного выше можно заключить, что проблемной ситуацией, требующей дополнительных исследований, является противоречие (разрыв) между отмеченной выше актуальностью ОКО и нивелированием аспекта правового регулирования и стандартизации системного выполнения такой оценки.

Материалы и методы

Основными источниками рассмотренных научных публикаций являются соответствующие поисковые сервисы и базы научных публикаций⁴, а в части нормативных документов — поисковые системы (Консультант Плюс⁵ и другие), Реестр Свода правил⁶, а также официальные сайты Росреестра и иных федеральных ведомств.

В ходе исследования применено несколько методов. Прежде всего, это системный подход, обеспечивающий рассмотрение основных вопросов выполнения ОКО как на градостроительном (территориальное планирование, планировка территории, градостроительное зонирование), так и на локальном (объектном) уровне. Основываясь на этом подходе, рассмотрены ключевые документы стратегического планирования сферы территориального развития, а также правовые и нормативно-технические документы не только сферы градостроительной деятельности, но сферы основных «смежных» отраслей.

Применены методы обзора предметной научной литературы, анализа (практик и нормативных документов), синтеза знаний, прогноза вариантов смягчения остроты проблемной ситуации и другие.

В ходе исследования использован опыт практической деятельности авторов в органах власти, уполномоченных на управление в сфере земельных и градостроительных отношений, в Национальном объединении изыскателей, опыт их экспертной работы в составе Технических комитетов Росстандарта, а также многолетняя практика преподавательской деятельности.

Результаты исследования

Рассматривая с позиций ГрК РФ вопрос о месте и роли ОКО как элемента изысканий, можно отметить, что итог оценки должен отражаться в составе технического отчета по результатам инженерно-геологических изысканий, составляя основу специального (оценочного) инженерно-геологического районирования закарстованных территорий. Соответственно, основные сведения об ОКО направляются в состав государственных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности (ГИСОГД) и должны, на взгляд авторов, учитываться при составлении паспортов безопасности муниципальных образований (см. ниже). С другой стороны, ОКО должна содержать информацию для принятия решений по инженерной противокарстовой защите. При этом место, роль и детальность ОКО разнятся в зависимости от уровня градостроительной деятельности. На планировочном уровне ОКО осуществляется для целей подготовки «Материалов по обоснованию» документов территориального планирования, а при реализации таких документов — в составе «Материалов по обоснованию» документации по планировке территории (материалы по обоснованию входят в состав документации по планировке, однако утверждению не подлежат). Логично предположить, что на основании проведенных изысканий результаты ОКО на этом уровне должны быть нацелены на принятие решений по противокарстовой защите планировочного характера, в том числе для повышения устойчивости территории при возникновении ЧС (обход ответственной застройкой наиболее карстоопасных участков, снижение на них строительной интенсивности градостроительного использования территории, специальные типы застройки и планировочные приемы и другое). Также должны приниматься обоснованные решения по снижению воздействия на карст техногенных факторов, провоцирующих его развитие на территориях всего города, либо его планировочных

³ За рубежом, например в США, данному вопросу уделяется более пристальное внимание, см., например, статью по нормативному регулированию оценки карста в штате Вирджиния. URL: https://www.researchgate.net/publication/271441646_Towards_A_Karst_Assessment_Standard_Practice

⁴ URL: <https://scholar.google.ru/>, <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

⁵ URL: <https://www.consultant.ru/online/>

⁶ URL: <https://faufcc.ru/deiatelnost/normirovanie-i-standartizatsiia/reestr-svodov-pravil?ysclid=m8n3a0kb4e52073506>

районов (например, ограничение объема промышленных откачек подземных вод по г. Москве). На локальном уровне спектр мероприятий противокарстовой защиты, на которые должна «работать» ОКО, более широк и разнообразен (конструктивные, геотехнические, эксплуатационные и иные). При этом выполнение ОКО предшествует разработке проектной документации, представляя собой исходные данные для принятия проектных решений, включая геотехнические и иные мероприятия по противокарстовой защите. Кроме того, ОКО может выполняться в процессе строительства (реконструкции) объектов, а также в процессе их эксплуатации.

Сам термин «инженерные изыскания» (ИИ) получил законодательное закрепление в составе ГрК РФ, хотя в документах более низкого статуса использовался и ранее. Под ним понимается «изучение природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий, подготовки данных по обоснованию материалов, необходимых для территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования» (на взгляд авторов, определение должно включать еще этапы строительства, эксплуатации и сноса объекта, на которых выполнение изысканий также осуществляется). Очевидно, что в состав таких «данных по обоснованию» принятия проектно-планировочных решений при развитии закарстованных территорий и должна включаться ОКО. В свою очередь, согласно ГрК РФ, карты, включаемые в состав таких материалов по обоснованию, должны отражать границы территорий, подверженных риску возникновения ЧС природного характера, что означает, что эти границы должны устанавливаться и при ОКО, что, прежде всего, касается урбанизированных территорий

Исходя из отмеченного и учитывая, что изыскания предоставляют собой неотъемлемый элемент градостроительной деятельности, вначале более подробно рассмотрим основные вопросы правового регулирования ОКО в рамках именно градостроительных отношений, регулируемых (в общем случае) законодательством о градостроительной деятельности.

По смыслу ГрК РФ, градозаконодательство относится к предмету совместного ведения, т.е., например, г. Москва, как и другие субъекты РФ, может принимать свои нормативные правовые акты только в соответствии с ГрК РФ, а противоречащие ему региональные правовые нормы должны быть в короткий срок приведены в соответствие с федеральными нормами (отметим, что эта конституционная норма нередко нарушается; так, рассмотренный ниже Градокодекс Москвы, принятый еще в 2008 г., до сих пор полностью в отмеченное соответствие

не приведен). Кроме того, градозаконодательство носит императивный характер, т.е. отсутствие в нем каких-либо прямых норм означает правовой пробел, который устраняется путем принятия изменений и дополнений в ГрК РФ.

Показательна модель соотношения (приоритетности) градозаконодательства с иными «смежными» видами законодательства, которые также затрагивают градостроительные отношения. Так, применительно к отношениям, связанным с обеспечением безопасности зданий и сооружений, а также с предупреждением ЧС природного и техногенного характера, нормы градозаконодательства применяются, если такие отношения не урегулированы отмеченным специальным (предметным) законодательством РФ (это обстоятельство, в частности, вызывает необходимость рассмотрения далее вопроса также в рамках соответствующего технического регламента и законодательства о ГО ЧС). Первоначальное рассмотрение вопросов именно в рамках градозаконодательства обусловлено еще тем, что технические регламенты не касаются аспекта рациональности использования территорий, который, как отмечено выше, также является целевым применительно к выполнению изысканий.

К ключевым принципами осуществления градостроительности, согласно ГрК РФ, отнесено соблюдение требований технических регламентов, требований «безопасности территорий» и предупреждение отмеченных выше ЧС. Однако в данном контексте законодатель ограничился приведением лишь косвенных, отсылочных норм, и, прежде всего, отсылкой к техническим регламентам (в частности, как основы оценки соответствия в рамках проведения экспертизы результатов изысканий). В то же время основные подзаконные акты, регулирующие проведение экспертизы, не содержат норм относительно оценки ОКО, впрочем, как и оценки иных опасных природных геологических процессов и явлений [11, 12]. Не содержат их и нормативные Требования к составу заключения госэкспертизы результатов изысканий, где сведения о «наличии, распространении и проявлении карста» в числе иных геологических и инженерно-геологических процессов упоминаются в контексте формата заключений только экспертизы проектной документации, но не заключений экспертизы по результатам изысканий [13].

Также ни в ГрК РФ, ни в № 384-ФЗ, ни в подзаконных актах недостаточно урегулирована процедура отражения и учета при градпроектировании «зон и факторов риска природных и техногенных ЧС», а также порядка принятия необходимых мер инженерной защиты территории и компенсации вреда при ЧС. При этом, как уже отмечено, значи-

тельная роль в решении данных вопросов отводится изысканиям, что вытекает в основном из требований рассматриваемых ниже документов по стандартизации (правовое регулирование и в этом отношении недостаточное).

Во многом подобные недостатки как правовых документов, так и рассмотренных авторами ниже документов по стандартизации приводят или могут привести к серьезным карстовым авариям. Показателен, например, случай одной из крупнейших в Европе аварий, произошедшей в 1992 г. вследствие карстового провала в городе Дзержинске на территории ПО «Химмаш». Тогда лишь случайно удалось избежать массовой гибели людей (рабочая смена в разрушенном цеху еще не началась) и трудно представить масштаб последствий, если бы такая авария случилась на одном из опасных химпредприятий, расположенных на смежных земельных участках данной закарстованной территории. При этом во многом к аварии привели ошибки изыскателей и проектировщиков, связанные, прежде всего, с отсутствием четких нормативных требований о недопустимости (нецелесообразности) размещения подобных ответственных объектов при наличии на площадке карстовых воронок, о количестве проходки буровых скважин и их локации, о необходимости оценки опасности карстовых полостей, заполненных вышележащим материалом и прочим. Сказались на этом и недостатки в части регулирования установления ответственности этих лиц и управленцев [14]. Характерно, что, несмотря на то, что правительственная комиссия по ликвидации последствий катастрофы указала на необходимость провести работы по оценке карстоопасности всей территории завода, оценочные работы по факту ограничили, по сути, площадкой размещения разрушенного цеха.

Сегодня определенное беспокойство вызывает ситуация с регулированием и нормированием оценки карстово-суффозионной опасности на территории г. Москвы, напрямую связанной с техногенным воздействием. При правовых пробелах в этой части и сложной текущей ситуации в техническом строительстве нормирование регулирование в части ОКО осуществляется в рамках городских «внестатусных» рекомендаций отраслевого характера, которые, например, признают реальный карстовый риск ЧС на объектах Московского метрополитена (Руководство по строительству подземных сооружений транспортного назначения в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности в городе Москве⁷). Еще более масштабным негативным примером является

интенсивное градостроительное освоение территории Новой Москвы, ведущееся без проведения специальной предварительной (в составе соответствующих территориальных схем развития двух новых административных округов) оценки ее карстоопасности [15]. По убеждению авторов, это, прежде всего, связано с пробелом в ГрК РФ в части выполнения изысканий для обоснования подготовки как генерального плана, так и иных документов территориального планирования [16].

Показательны также примеры опасного развития мелового карста на территории городов и иных населенных пунктов Брянской области. Так, на территории п. Вышков, где возникновение карстовых провалов наблюдалось на протяжении уже нескольких десятилетий, исследовательские работы стали проводиться по сути только после катастрофического разрушения в 2020 г. жилого дома (погибла одна из жительниц, введен режим ЧС муниципального значения, вопрос был взят на контроль Следственным комитетом РФ) и при карстовых деформациях здания школы [17]. Подобное объясняется не только отмеченными выше недостатками регулирования в ОКО. Осложняет ситуацию и то, что, например, при составлении паспортов безопасности территории субъекта РФ и паспортов безопасности муниципального образования и особенно применительно к их урбанизированным территориям учет необходимых сведений по карстовой (карстово-суффозионной) опасности не осуществляется [18].

Показательно и то, что в отмеченных выше и иных крупнейших и крупных городах развитие карста приобрело характер природно-антропогенного процесса. На их территориях, как уже отмечено, карстовые (карстово-суффозионные) процессы активизируются различными видами техногенного воздействия на геологическую среду (загрязнение, изменение напряженно-деформируемого состояния, обводненности и другое).

Так, на территории Москвы активизация карстово-суффозионных процессов, связанная с промышленными откачками трещинно-карстовых вод, наблюдалась в 70-х годах прошлого века в северо-западной части города и приводила, в частности, к авариям и деформациям жилых объектов (рис. 1).

Вслед за ведущими московскими специалистами-карстооведами следует, однако, признать, что пока, несмотря на относительную изученность процесса, «такое техногенное воздействие учесть в стохастических или детерминированных математических моделях крайне сложно»⁸.

⁷ URL: <https://rus-tar.ru/sto-stu/rukovodstvo-po-stroitelstvu-podzemnyih-sooruzheniy-transportnogo-naznacheniya-v-usloviyah-karstovo-suffozionnoy-i-opolznevoy-opasnosti-v-gorode-moskve/>

⁸ URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54059053>

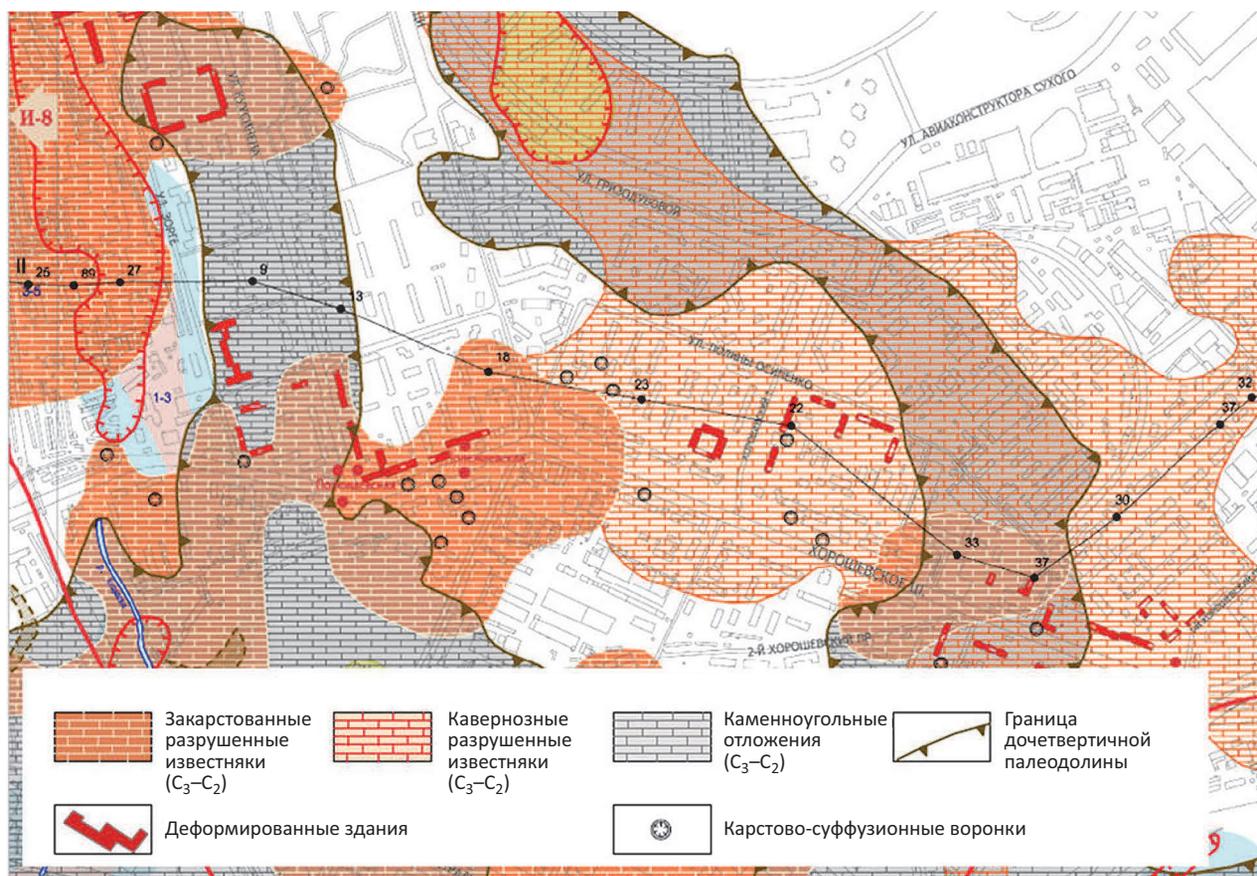


Рис. 1. Участок проявления карстово-суффuzionных процессов на северо-западе Москвы (фрагмент карты распространения геологических процессов и явлений ИГЭ РАН им. Е.М. Сергеева)

В г. Дзержинске известны случаи аварийных карстово-суффuzionных проявлений вследствие утечек из водонесущих сетей (рис. 2). Предложения по ОКО применительно к данным условиям приведены ниже.

Подробнее останавливаясь на общих нормах прямого действия по выполнению изысканий, отметим, что в составе ГрК РФ они приводятся для уровня планировки территории (ст. 41.2) и для стадий разработки проектной документации и строительства (ст. 47). При этом если законодательный пробел в части инженерных изысканий для уровня планировки в 2016 г. удалось закрыть (во многом благодаря усилиям одного из авторов настоящей статьи [16]), то для уровня территориального планирования такой пробел, как уже отмечено, сохраняется, что формально ставит под вопрос легитимность проведения на этом уровне ОКО в рамках изысканий (это также усугубляется рассмотренными ниже дефектами в сфере стандартизации).

В числе основных подзаконных федеральных актов следует назвать, прежде всего, два постановления Правительства РФ, регулирующих выполнение изысканий для уровня планировки территории [19] и для локального уровня [20]. Первый документ

содержит нормы о возможном включении в состав геологических изысканий изучения опасных геологических процессов с разработкой рекомендаций по инженерной защите территории, а в состав инженерно-геодезических изысканий — геодезических наблюдений за деформациями и осадками зданий и сооружений, движениями земной поверхности и опасными природными процессами [19]. Перечень таких процессов, к которым относится карст и какие-либо положения об оценке их опасности, в Постановлении [19] не приводится. Кроме того, подчеркивается факультативность самих изысканий, которые предложено выполнять только в случае недостаточной изученности территории, при этом никаких критериев достаточности также не приводится. Все это, на взгляд авторов, вносит существенную долю неопределенности и даже произвола в действиях лиц, принимающих решение о достаточности изыскательских материалов и о составе требований задания на выполнение изысканий, что, в частности, само по себе повышает уровень карстового риска.

Второй документ был принят намного раньше, является более полным и считается основным в части выполнения инженерных изысканий. Несмотря на это, в нем, как и в первом случае, не



Рис. 2. Карстово-суффозионный провал на парковке ЦУМа в г. Дзержинске вследствие утечки воды при опрессовке магистральной теплотрассы (04 августа 2009 г.)⁹

содержится конкретных норм по оценке опасности геологических процессов, указывается лишь, что состав изыскательских работ, их объем и метод выполнения определяют заказчик (застройщик) и исполнитель изысканий «с учетом специфики соответствующих территорий» [20]. Очевидно, что подобное указание касается и выполнения ОКО и что оно требует уточнения и детализации (кроме того, нормы отсылочного характера в составе Постановления [20] не вносят ясности, например, в вопрос о требуемом содержании результатов изысканий в составе технического отчета). Также указано, что содержание работ, осуществляемых в ходе инженерных изысканий, определяется Минстроем России по согласованию с Ростехнадзором, что на практике реализуется, видимо, уже не в рамках правового регулирования, а в плоскости стандартизации (технического регулирования).

Содержится в Постановлении [20] и указание на то, что инженерные изыскания выполняются в соответствии с требованиями технических регламентов, а также с учетом материалов и результатов изысканий, которые хранятся в ГИСОГД. Заметим, что правовая модель о направлении итогов инженерных изысканий в ГИСОГД принята в составе ГрК РФ относительно недавно и не лишена недостатков [10, 16] (в частности, в составе ГИСОГД, как правило, не содержится пока достаточной информации для выполнения ОКО). Из установленных в Постановлении [20] основных видов ИИ в исследуемом аспекте

ОКО, безусловно, наиболее значимы инженерно-геологические изыскания, в меньшей степени — инженерно-геодезические и иные изыскания, в числе специальных видов изысканий — локальный мониторинг компонентов окружающей среды. Примечательно, что Минстрой России пока не воспользовался правом вносить изменения в перечень видов инженерных изысканий.

Если говорить о региональном уровне, то Градостроительный кодекс Москвы, например, по сути, не содержит норм, касающихся инженерно-геологических условий территории столицы, в лучшем случае он в части выполнения инженерных изысканий дает отсылку к нормам ГрК РФ, а иногда допускает и их дублирование [21]. Кодекс содержит указание на учет при проектировании зон, подверженных опасным воздействиям природного и техногенного характера (к ним, как уже отмечено, относятся и карстоопасные территории). Однако все такие зоны отнесены этим кодексом к числу зон с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ), что не соответствует федеральному законодательству. В перечень ЗООИТ, который установлен в Земельном кодексе РФ, включены лишь зоны затопления и подтопления, соответственно, вопрос включения в данный перечень иных зон требует специального правового обоснования и закрепления на федеральном уровне. В этих условиях установление соответствующих ограничений на использование территорий отмеченных зон (в том числе в зоне

⁹ URL: <https://dzerjinsk.ru/news/sapsan-karst-i-chinovniki/>

с интенсивным развитием карстово-суффозионных процессов), как и установление границ зон, остается неурегулированным, а предложенное в Постановлении [21] включение сведений о таких зонах в качестве дополнительных сведений в ГИСОГД выглядит проблематичным. Как вариант, на взгляд авторов, установление границ таких зон могло бы быть установлено в составе общей (процедурной) части Правил землепользования и застройки (ПЗЗ) города Москвы как субъекта РФ, однако такая возможность утеряна при недавнем снижении статуса ПЗЗ до уровня подзаконного акта (было инициировано внесение изменений в ГрК РФ). Показательна также попытка по регулированию планирования инженерной защиты территории в составе отраслевой схемы защиты территории города от опасных воздействий природного и техногенного характера [21]. Несмотря на логичность, такая попытка формально не может считаться легитимной опять же по причине пробела в федеральном законодательстве (устранение данного пробела также требует проведения дополнительных правовых обоснований). Что касается формата городских отраслевых схем, то он отсутствует в ГрК РФ, а главное, что он дублирует формат материалов по обоснованию генплана города, в составе которого и следует приводить результаты подобных и иных обоснований развития инфраструктуры (тем более что г. Москве недавно путем внесения изменений и дополнений в ГрК РФ даны дополнительные полномочия по определению и расширению состава генплана столицы).

В отличие от регулирования градостроительных отношений правовое регулирование отношений в сфере технического регулирования (именно в их рамках акцент в части изысканий и выполняемой при этом ОКО делается на аспекте безопасности), как и в сфере стандартизации, осуществляется исключительно на федеральном уровне. Поэтому в рассматриваемом авторами контексте целесообразно, прежде всего, обратиться к Техническому регламенту о безопасности зданий и сооружений (№ 384-ФЗ). В нем, в частности, указывается на землетрясения, сели, оползни и иные подобные опасные геологические, а также другие природные процессы и явления, которые при риске возникновения создают «сложные природные условия», негативно воздействующие на строительные объекты. К их числу, безусловно, следует относить и карст. Важно, что Технический регламент (№ 384-ФЗ) указывает на необходимость выполнения районирования территории РФ по уровню опасности отмеченных процессов и явлений, ограничиваясь указанием на то, что районирование должно утверждаться уполномоченным федеральным органом исполнительной власти. Если считать таким органом Минстрой России, то можно предположить, что

данная норма реализована путем утверждения этим ведомством СП 115 (см. ниже), причем в отсутствие требуемой в данном случае детализации правового регулирования в составе специального подзаконного акта. Кроме того, норма о районировании приводится в контексте идентификации зданий или сооружений, а не применительно к их размещению (об отсутствии «планировочного» техрегламента — [16]). В том же контексте упоминаются данные многолетних наблюдений за опасными геологическими процессами (в основном их проведение входит в зону ответственности Минприроды России).

В составе № 384-ФЗ декларируются такие общие требования к результатам инженерных изысканий (а значит и к результатам ОКО) как их обоснованность, достоверность, достаточность и прогнозный характер. Однако они в части установления соответствующих критериев и процедур не находят дальнейшей правовой детализации. Попытка закрытия данного пробела техническими требованиями соответствующих нормативно-технических документов, во-первых, не охватывает всего состава таких требований (например, конкретные технические требования в части достаточности результатов ИИ так и не установлены), а главное, легитимность самой этой попытки вызывает сомнение (см. ниже). Как уже указано, важным этапом является установленная в № 384-ФЗ оценка соответствия (экспертиза) результатов изысканий (в том числе результатов ОКО), определяющая соответствие таких результатов тем или иным требованиям № 384-ФЗ, которые детализируются в составе нормативно-технических документов (они рассмотрены авторами далее).

Принципиально, что в конце 2023 г. по инициативе Минстроя России приняты изменения и дополнения в № 384-ФЗ (в них, в частности, справедливо обозначено разграничение процедур выполнения инженерных изысканий и проектирования, однако пробел в части обеспечения безопасности применительно к градостроительному проектированию сохранился). Это заявлялось в качестве этапа намеченной в Распоряжении [1] реформы сферы технического регулирования в строительстве (переход от жесткого предписывающего метода к более гибкой параметрической модели с акцентом на добровольность применения нормативно-технических документов, вариантность выбора требований при усилении персональной ответственности уполномоченных лиц, а также ведение Минстроем России Единого Реестра технических требований и другое). В рамках такого реформирования объективно возрастает роль законодательства о стандартизации как более гибкого и рыночного по своей сути. Впрочем, Закон о стандартизации лишь обозначает отдельные целевые направления общего характера в рассмат-

риваемом аспекте ОКО (повышение безопасности жизнеобеспечения в случае ЧС, рациональное использование ресурсов)¹⁰.

Законодательство в сфере ГО ЧС также имеет строго федеральный статус своего предмета. Его основной закон, в частности, раскрывает ЧС как обстановку в результате опасных геологических процессов с риском жертв, значительных материальных потерь, нарушений жизнедеятельности¹¹. В нем однако не уделяется должного внимания карсту, как и геологической опасности в целом. Например, само понятие геологической среды (как пространства недр) в объем понятия «Территория с риском возникновения быстроразвивающихся опасных природных явлений и техногенных процессов» не включается. Также в определении таких процессов и явлений геологического характера до сих пор отсутствует единство и четкие правила их пространственного (картографического) отображения [22]. В составе подзаконных актов сферы ГО ЧС и сферы охраны природы, как показал их обзор, фактор закарстованности территории находит отражение лишь в единичных случаях¹². Соответственно, карст в составе нормативно-технических документов не всегда включается в состав опасных геологических процессов и явлений¹³. В целом же, как показал анализ основных нормативных правовых документов в части выполнения ОКО, имеются серьезные правовые пробелы и иные дефекты. Результаты такого анализа и обобщения с обозначением некоторых направлений совершенствования таких документов приведены в табл. 1 (дополнительно отметим, что с той или иной степенью детальности в рассмотренных правовых актах следует отразить специфику ОКО городских территорий, связанную с техногенезом).

Рассматривая сферу стандартизации в широком смысле, целесообразно начать с уровня профессиональных стандартов, закрепляющих (в контексте квалификаций) функциональный состав вида профессиональной деятельности. В профессиональ-

ном стандарте, касающемся сферы геологических изысканий¹⁴, фактор оценки опасности негативных геологических процессов на всех уровнях и стадиях выполнения изысканий представлен достаточно полно, несмотря на то, что состав оценки при этом не раскрывается (упоминание в части ОКО, соответственно, отсутствует)¹⁵.

Целесообразно учесть и аспект образовательных стандартов, которые по законодательству должны соответствовать тем или иным профстандартам. Его рассмотрение на примере Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС) «Строительство» и ФГОС «Градостроительство» в НИУ МГСУ показало следующее. Сами ФГОС носят обобщенный характер и в лучшем случае содержат общие требования к включению в состав соответствующих образовательных программ (ОПОП) общепрофессиональных компетенций по способности «вести и организовывать проектно-изыскательские работы» (ФГОС «Строительство»). При этом важно, что в составе ФГОС образовательным организациям представляется право включать в состав своих ОПОП профессиональные компетенции из реестра профстандартов и реализация этого актуальна (все рассмотренные ОПОП не содержат указаний, касающихся ОКО, включая ОПОП по направлению «Инженерные изыскания в строительстве», недавно введенному в НИУ МГСУ для уровня магистров-строителей). Соответственно, недостаточен объем таких указаний и в рабочих программах дисциплин, например, таких как «Инженерно-геологические изыскания в строительстве», «Инженерные изыскания для гидротехнического и подземного строительства». Роль изысканий (а значит, и ОКО) в целом также слабо отражена в составе ОПОП магистратуры направлений «Строительство» и «Градостроительство», которые в 2021 г. были актуализированы под «цифру» по заказу Университета «Иннополис»¹⁶.

В рамках собственно технического регулирования можно выделить предметные нормативные

¹⁰ О стандартизации в Российской Федерации : Федеральный закон от 29.06.2015 № 162-ФЗ (ред. от 30.12.2020). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/

¹¹ О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 01.10.2024). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5295/

¹² Например, в Методике «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия», утвержденной Минприроды РФ 30.11.1992. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=90799&cacheid=B74CBF5711FF542A8D3D149D5C1CD971&mode=splus&rnd=tMAMRGUQ5dMKKPIv#RmtcWGU6ZDn1qd6A1> (отметим, что в этом и ряде иных документов допускается некорректное употребление термина «карст» в множественном числе).

¹³ ГОСТ 22.0.03–97. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

¹⁴ Разработан при участии одного из авторов настоящей статьи (прежде всего в части выполнения изысканий на планировочном уровне, где выполнение ОКО наиболее значимо).

¹⁵ URL: <https://classinform.ru/profstandarty/10.029-spetcialist-v-oblasti-inzhenerno-geologicheskikh-izyskaniy-dlia-gradostroitelnoi-deiatelnosti.html?ysclid=m3ilkhygb346618840> (аналогично указанию в части выполнения изысканий было авторами включены и в состав обновленного профстандарта «Градостроитель»). URL: <https://classinform.ru/profstandarty/10.006-gradostroitel.html?ysclid=lpy2okwtfm1680918>.

¹⁶ URL: <https://zakupki.kontur.ru/GP116174?ysclid=lpy67d4b5r178541939>

Таблица 1. Результаты анализа основных нормативных правовых документов в части норм по оценке карстоопасности территорий

Краткое наименование документа, его обозначение или ссылка на него	Наличие/полнота существенных (специальных) норм по оценке карстоопасности		Возможность применения документа для оценки карстоопасности		Направления совершенствования документа
	Нормы прямого действия	Косвенные нормы	Планировочный уровень	Локальный уровень	
Гражданский кодекс РФ (ГрК РФ)	Отсутствует	Контекст инженерных изысканий и инженерной защиты/недостаточная	Недостаточная	Недостаточная	Дополнение нормами общего характера в части оценки карстоопасности
Постановление № 402 [19]	То же	То же	То же	Отсутствует (по определению)	Внесение соответствующих изменений и дополнений, см. по тексту
Постановление № 20 [20]	То же	То же	Отсутствует (по определению)	Недостаточная	
Постановление № 145 [11]	То же	То же	То же	То же	
Постановление № 272 [12]	То же	То же	То же	То же	
Приказ Министра № 341/пр [13]	То же	То же	То же	–	
Гражданский кодекс Москвы	То же	То же	Отсутствует	Отсутствует	
Техрегламент (№ 384-ФЗ)	То же	Контекст инженерных изысканий/недостаточная	Отсутствует (по определению)	Недостаточная	
Закон № 162-ФЗ	То же	Имеются/недостаточная	Недостаточная	Недостаточная	
Закон № 68-ФЗ	То же	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	

документы разных форматов, и прежде всего формата Сводов правил¹⁷. В составе Раздела 11 Реестра СП «Инженерные изыскания для строительства» наиболее значимыми для целей ОКО являются: СП 47 как базовый для всех видов инженерных изысканий, СП 446 как специальный для геологических изысканий и СП 438 как специальный для инженерных изысканий на уровне планировки территории¹⁸ (табл. 2).

Оценка эффективности указанных и иных СП применительно к выполнению ОКО произведена с позиций формально-нормативных требований к содержанию СП, изложенных в национальных стандартах основополагающего характера, а также в недавно принятом стандарте о разработке СП¹⁹. При этом необходимо исходить из ключевой нормы Закона о стандартизации, что любой документ национальной системы стандартизации, включая СП, не может противоречить законодательству (соответ-

ственно, не допускается и дублирование правовых норм)²⁰. При наличии отмеченных правовых недостатков эти требования часто нарушаются, прежде всего, применительно к выполнению изысканий на планировочных уровнях. Так, в СП 47 и в СП 466 включены требования по выполнению изысканий для целей территориального планирования, в то время как необходимые законодательные нормы на этот счет отсутствуют (попытка компенсации правового пробела в этих СП в определенном смысле относится и к стадии изысканий для обоснования инвестиций). Отмеченное объяснимо в силу потребности в выполнении таких изысканий, а соответственно, и проведения ОКО, хотя очевидным легитимным путем является закрытие пробела путем внесения изменений и дополнений в ГрК РФ и соответствующие подзаконные правовые акты (безусловно, должны быть устранены и прямые нарушения федерального законодательства, имеющие

¹⁷ Иные документы стандартизации (ГОСТ и ГОСТ Р, ПНСТ), касающиеся ОКО (например, ГОСТ Р 22.1.06–2023. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1304365933?ysclid=lxry8da7io696547381>), а также соответствующие нормативно-методические документы требуют отдельного рассмотрения.

¹⁸ Разработан с участием одного из авторов настоящей статьи.

¹⁹ ГОСТ Р 1.19–2023. Своды правил. Правила построения, изложения, оформления и обозначения (утв. и введ. в действ. Приказом Росстандарта от 01.04.2023 № 182-ст). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1301394727?ysclid=m3imhqlhw75285503133>

²⁰ URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=LAW&n=372899&dst=100000001&demo=1>

Таблица 2. Результаты анализа основных нормативно-технических документов в части требований к оценке карстоопасности территорий

Краткое наименование документа и ссылка на него ²¹	Наличие/полнота существенных (специальных) требований по оценке карстоопасности		Возможность применения документа для оценки карстоопасности		Направления совершенствования документа
	Нормы прямого действия	Косвенные нормы	Планировочный уровень	Локальный уровень	
<i>Сводь правил Раздела 11 Реестра СП «Инженерные изыскания для строительства»</i>					
СП 47	Имеются/недостаточная	Имеются/недостаточная	Недостаточная	Недостаточная	Дополнение и детализация требований в части оценки карстоопасности в гармонизации с совершенствованием правового регулирования
СП 446	То же	То же	То же	Недостаточная	
СП 438	То же	То же	Недостаточная	Отсутствует (по определению)	
<i>Некоторые другие СП, имеющие отношение к исследуемому вопросу</i>					
СП 115	Имеются/недостаточная	Имеются/недостаточная	Недостаточная	Недостаточная	Мониторинг реализации СП с последующей корректировкой ²²
СП 116	То же	То же	То же	То же	Внесение изменений и дополнений, см. по тексту Гармонизация с иными СП, включенными в раздел 11 Реестра СП
СП 22	То же	Отсутствует	Отсутствует (по определению)	То же	
СП 248	То же	Недостаточная	То же ²³	То же	
СП 499	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	

место в обоих СП, например, касающиеся изысканий для «выбора площадок/трасс» (стадия такого «выбора» давно упразднена в составе ФЗ)). Оба СП также указывают, что «комплексная» ОКО должна быть проведена по результатам геологических изысканий с составлением соответствующего прогноза, карты инженерно-геологического районирования и рекомендаций по инженерной защите территории. Представляется, что место ОКО целесообразно уточнить, исходя из того, что она является неотъемлемой частью (работой) в составе изысканий как особый способ изучения природно-техногенных условий территории и должна иметь прогнозный характер (упорядочение структуры районирования следует увязать с итоговым вариантом нового стандарта²⁴). «Комплексность» ОКО, по-видимому, заключается в использовании для этого ряда факторов и параметров, прежде всего параметра интенсивности (периодичности) поверхностных и подземных карстопроявлений, учета гидрогеологических условий и техногенного воздействия на

карст. В этих СП отсутствует не только разграничение карстовых и суффозионных (карстово-суффозионных) процессов, но и четкая дифференциация по процедуре ОКО на разных уровнях с приведением обоснованных критериев, прогнозных и иных показателей.

В состав СП 438 включены общие требования по районированию территории по степени карстово-суффозионной опасности, с учетом размеров и интенсивности поверхностных проявлений процесса (диаметр, глубина, плотность, частота поверхностных и подземных проявлений и другое) со ссылкой на СП 115, что допустимо. Однако в нем, как и в СП 47 и СП 466, недостает требований по прогнозу развития опасных геологических процессов (в том числе в условиях техногенеза) и оценке территории (включая ОКО) с учетом расчета геологического риска и в увязке с оценкой возникновения ЧС (тема оценки карстового риска и управления им требует дополнительного рассмотрения). В то же время отметим, что требования законода-

²¹ Предмет, область нормирования: СП 47 — инженерные изыскания (базовый СП), СП 446 — инженерно-геологические изыскания, СП 438 — инженерные изыскания для планировки территории, СП 115 — опасные природные процессы и явления, СП 116 — инженерная защита, СП 22 — основания зданий и сооружений, СП 248 — сооружения подземные, СП 499 — инженерная защита (карст).

²² Согласно законодательству о стандартизации, такая корректировка должна осуществляться в разрезе каждых 5 лет.

²³ В редакции СП 248, действовавшей до 10.02.2024, имелись положения и картографический материал, который в ограниченном порядке (справочно и только для г. Москвы) мог быть использован для ОКО на планировочном уровне.

²⁴ URL: https://www.oaiis.ru/doc/gost_karty.docx?ysclid=lpzgr3gpq881260026

тельства о техническом регулировании (в том числе № 384-ФЗ) и о необходимости сравнения рисков с их допустимыми значениями в сфере стандартизации применительно к ОКО решения не находят в силу отсутствия обоснования самих допустимых значений риска. Наиболее сложной представляется задача оценки допустимости карстового риска при градпроектировании и введения страхования карстового риска [7].

В числе иных СП из «смежных» разделов Реестра СП выделим, прежде всего, СП 115 (к нему в части ОКО отсылает, например, СП 446). В нем подчеркнуто, что ОКО выполняется в рамках изысканий, и приводятся рекомендуемые показатели для каждой из четырех предложенных категорий карстоопасности (площадная пораженность территории, частота и средний диаметр провалов, общее оседание территории)²⁵. Кроме того, как указано выше, приводится карта распространения карста на территории РФ. Безусловно, данные требования и карта должны быть уточнены и увязаны с ГрК РФ (учет уровней изысканий и другое), с иными рассматриваемыми авторами нормативными документами, с особенностями территорий новых субъектов РФ. Это можно осуществить, например, в рамках актуализации СП 115²⁶.

Весьма значимы СП в области проектирования инженерной защиты территорий от опасных геологических процессов. Базовым из них является СП 116, который содержит некоторые требования к выполнению изысканий и ОКО, хотя область применения СП 116 этого касается опосредованно (корректность включения таких требований, как и сама формулировка области применения СП 116, нуждается в уточнении в свете отмеченного выше ГОСТ Р 1.19–2023 об СП). Относительно выполнения ОКО в СП 116 дается отсылка к СП 47, а также к СП 22, область применения которого также совершенно иная (касается проектирования оснований зданий и сооружений). Являясь документом чисто геотехнического характера, СП 22 формулирует и требования к изысканиям. Более того, они касаются даже и «предпроектного уровня», на котором предлагается выполнение «предварительной оценки степени карстово-суффозионной опасности» (исходя из наличия и интенсивности поверхностных и подземных карстопроявлений, значения мощности

перекрывающей водоупорной толщи и градиента вертикальной фильтрации) с установлением одной из трех категорий карстовой опасности «площадки изысканий». При этом СП 22 далеко не всегда соответствуют ГрК РФ и СП 47, частично дублируют требования иных отмеченных выше СП и нуждаются в уточнении адресации (разграничение требований для изыскателя и требований для проектировщика). Отдельные требования СП 22 (например, об «обязательной» геотехнической экспертизе) противоречат ГрК РФ. В ходе осуществляемой за счет федерального бюджета разработки Изменения № 5 СП 22 отмеченные дефекты не устранены, а в целом модель ОКО в СП 22 большинством специалистов инженерного карстоведения, включая ученых РАН, продолжает считаться ошибочной (см., например, протокол № 18 заседания подкомитета ПК 1 «Инженерные изыскания» ТК 465 «Строительство» от 02.09.2020). Возвращаясь к СП 116, отметим, что при принятии в 2020 г. Изменения № 1 к нему без должного обоснования упразднена модель классификации видов карстоопасности (четыре класса), которая прошла валидацию на региональном уровне и соответствует Европейской практике²⁷. Упразднена также базовая таблица рекомендаций по характеру застройки и противокарстовым мероприятиям в зависимости от категории устойчивости территорий по интенсивности образования карстовых провалов и их средних диаметров. Кроме того, упразднено нормирование карстоопасности, обусловленной повышенной чувствительностью закарстованных территорий к загрязнению геологической среды, в том числе к загрязнению подземных вод (полигоны хранения отходов и подземных закачек жидких промтоходов, несанкционированные свалки, магистральные нефте- и продуктопроводы, канализационные коллекторы, автомобильные и железные дороги, промплощадки химических предприятий и другое).

В число упраздненных попала также и «техногенная» категория карстоопасности, обеспечивающая нормирование недопустимых утечек воды из водоемов и водонесущих коммуникаций. Между тем одним из авторов настоящей статьи доказана (на основе предварительного физического моделирования карстово-суффозионных процессов) необходимость и принципиальная возможность учета

²⁵ При этом процедура ОКО на различных уровнях проектирования не раскрывается.

²⁶ URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_454450/?ysclid=lpzm3j12te911479239

²⁷ ТСН 22-308-98 НН. Инженерные изыскания, проектирование, строительство и эксплуатация зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005508?ysclid=m3isqxgopv47797892>. В этом документе (разработан с участием одного из авторов статьи) в отличие от СП 116 реализован совместный учет параметров интенсивности образования карстовых провалов и их средних диаметров при ОКО и включены элементы вероятностного подхода к ОКО (оценки карстового риска), предложенного В.В. Толмачевым. Изменением № 1 к СП 116 такой подход, по сути, нивелирован. Показательно, что Изменение № 1 утверждено Минстроем России, несмотря на отрицательное заключение уполномоченных экспертов ПК 1 (протокол № 18, см. выше).

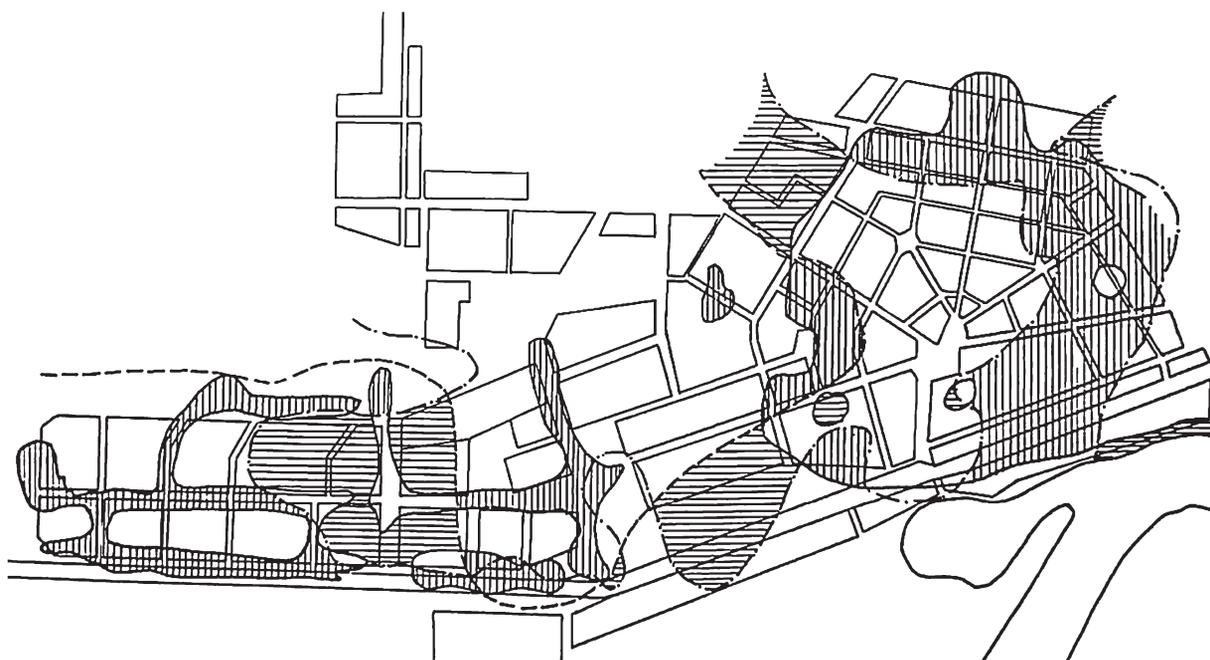


Рис. 3. Оценочное районирование территории г. Дзержинска по степени опасности техногенных изменений развития карста при утечках. Показаны изолинии плотности сетей со значением $0,75 \text{ км/км}^2$ и мощности водоупора со значением 3 м (соответственно, сплошная и штрихпунктирная линии), границы типов гидрогеологических условий (штриховая линия). Выделены территории опасные (вертикальная штриховка) и неопасные (горизонтальная штриховка). Иные территории в границах застройки (без штриховки) оценены как потенциально опасные

фактора утечек из городских водонесущих сетей при выполнении ОКО²⁸ (рис. 3).

Отметим, что «предметный» СП 499 по проектированию противокарстовой защиты, в отличие от СП 116, СП 22 и СП 248, не содержит прямых требований по выполнению ОКО, в том числе с рассмотренных позиций техногенеза. Учитывая описанную выше ситуацию с ОКО, выглядит целесообразным включение в состав Раздела 11 Реестра свода правил специального СП по выполнению изысканий на закарстованных территориях, который мог бы предусматривать необходимые требования в части ОКО. Проект такого СП был разработан по плану Минстроя России силами и за средства СРО «АИИС» еще в 2016 г. и позднее доработан с проведением публичного обсуждения первой редакции [9]. Задержка его утверждения объясняется, на взгляд авторов, не только объективной сложностью вопроса, требующей дополнительного научного обоснования, но, в частности, и конкуренцией взглядов на проблему инженеров-геологов и геотехников. Авторы проекта СП также стараются интегрировать в документ модели выполнения ОКО, применяемые для территорий отдельных субъектов РФ, что формально при стандартизации, как минимум, не приветствуется (соответствие современным формальным требованиям к СП в данном случае, видимо, предполагает необходимость разработки типологии в части меха-

низмов формирования карстопроявлений различных генетических типов в сочетании с многообразием региональных наборов факторов техногенного воздействия). Представляется, что работу над проектом СП следует продолжить, в том числе в направлении унификации лучших практик, учета специфики территории новых регионов РФ, правовых новелл и вновь установленных требований к СП. При этом как в составе общих положений СП (требования к заданию и программе, результатам изысканий, особенности их выполнения), так и в составе его основных разделов (цели, состав, объемы работ и правила их выполнения на планировочном и локальном уровнях, состав технического отчета) должны содержаться соответствующие требования в части ОКО, в том числе касающиеся учета факторов техногенного воздействия на развитие карста.

Заключение

Результаты настоящего исследования (они, в частности, были доложены и обсуждены 13.10.2023 на круглом столе «Методологические разногласия и правовые коллизии, возникающие при оценке карстовой опасности в г. Москве» в рамках Международной научно-практической конференции «Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли – 2023», организованной НИУ МГСУ) выявили ряд существенных недостатков

²⁸ URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_000030637/?ysclid=m4cww9vc3s86999037

правового регулирования и стандартизации в отношении проведения ОКО в рамках изысканий (в том числе в контексте ЧС), что свидетельствует о недостаточном уровне эффективности госуправления в рассмотренной сфере градостроительной деятельности. Для их устранения могут быть предложены следующие пути совершенствования (в части касающейся изысканий и ОКО):

- дополнительная гармонизация ФГОС (ОПОП) с новыми профессиональными стандартами в сфере изысканий;
- ликвидация пробелов правового регулирования путем внесения изменений и дополнений в рассмотренные документы федерального уровня;
- адекватное, учитывающее региональные особенности и особенности территорий крупных городов (прежде всего в части техногенеза, наличия плотной, часто исторической застройки, уникальных, в том числе подземных, объектов, а для г. Москвы также учет специфики присоединенных территорий), а также гармонизированное с совершенствованием федерального законодательства развитие законодательства г. Москвы и других регионов (включая новые субъекты РФ);
- гармонизированное с совершенствованием законодательства (и взаимоувязанное с осуществляемым этапом реформы технического регулирования в строительстве) развитие соответствующих разделов СП в формате новых требований к СП, доработка и утверждение проекта СП по изысканиям на закарстованных территориях, рассмотрение варианта внедрения формата ПНСТ, учет при этом факторов и механизмов провоцирующего техногенного влияния «города» на «карст»²⁹;

- стандартизация в части выполнения районирования по степени карстоопасности (в увязке с доработкой отмеченного выше проекта ГОСТ), а также в части цифровизации результатов изысканий, включая результаты ОКО;
- более тесное сотрудничество ТК 506 «Инженерные изыскания и геотехника» Росстандарта с другими ТК, в сферу деятельности которых входит, так или иначе, рассмотрение вопросов ОКО (ТК 505, ТК 507, ТК 465, ТК 409, ТК 404, ТК 394, ТК 115, ТК 071 и другое);
- учет проблематики ОКО в проекте Дорожной карты развития ИИ, разработка которой ведется НОПРИЗ³⁰;
- увеличение объема прикладных НИР для необходимого обоснования совершенствования рассмотренного сегмента правового и технического регулирования, включая вопросы исследования механизма провоцирующего техногенного воздействия «города» на «карст», увязки проведения ОКО с нормированием карстового риска и осуществления карстомониторинга, унификации подходов в части ОКО в составе СП и других нормативных документов;
- учет сведений о закарстованности при заполнении форм паспорта безопасности территории, исходя из того, что в них разрешается включать дополнительную информацию с учетом особенности той или иной территории, а также принимая во внимание, что карст формально уже рассматривается как источник ЧС³¹.

Реализация предложенного, на взгляд авторов, позволит существенно повысить уровень безопасного и экологичного градостроительного развития закарстованных территорий наших городов. В то же время, как отмечено выше, имеется ряд направлений для продолжения исследования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р (ред. от 29.11.2023).
2. *Саваренский И.А., Миронов Н.А.* Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. М. : ПНИИИС, 1995. 168 с.
3. *Толмачёв В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П.* Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М. : Стройиздат, 1986. 177 с.
4. *Мулдер Э., Осипов В.И., Кутепов В.М., Толмачев В.В., Макаров В.И., Миронов О.К. и др.* К оценке опасности и риска на городских и промышленных закарстованных территориях на примере опорных участков в Москве и Дзержинске // Карстоведение — XXI век: теоретическое и практическое значение : мат. Междунар. симпозиума. Пермь : из-во ПГУ, 2004. С. 29–36.

²⁹ Также целесообразен учет новой структуры нормативно-технической документации в строительстве, установленной в недавно принятом СП 555. URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/422272/>

³⁰ URL: <https://www.nopriz.ru/news/?ID=35042&ysclid=lq18b7qbtv60445595>

³¹ Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера : Приказ МЧС России от 05.07.2021 № 429 (зарег. в Минюсте России 16.09.2021 № 65025).

5. *Аникеев А.А.* Методика оценки карстово-суффозионной опасности и риска в Москве. М. : LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. 80 с.
6. *Reuter F., Tolmačev V.* Bauen und Bergbau in Senkungs — und Erdfallgebieten (Eine Ingenieurgeologie des Karstes). Berlin : Akademie-Verlag, 1990. 177 p.
7. *Толмачев В.В.* Нормативно-методическая база строительства в карстовых районах России: критический анализ, предложения по совершенствованию // Экологическая безопасность и строительство в карстовых районах : мат. Междунар. симпозиума. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2015. С. 42–49.
8. *Елкин В.А.* Оценка карстовой опасности при инженерных изысканиях : обзор российских нормативных технических документов // Инженерные изыскания. 2018. Т. 12. № 11–12. С. 12–24. DOI: 10.25296/1997-8650-2018-12-11-12-12-24
9. *Кочев А.Д., Богданов М.И.* Разработка нового свода правил «Инженерные изыскания для строительства на закарстованных территориях. Общие требования» // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации : мат. докладов XIII Общеросс. Конф. изыскательских организаций, Москва, 29 ноября – 01 2017 года. М. : Геомаркетинг, 2017. С. 600–606.
10. *Беляев В.Л.* Система инженерных изысканий: проблемы и перспективы (институционально-образовательный аспект) // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 4. С. 40–46.
11. О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий : Постановление Правительства РФ от 05.03.2007 № 145 (ред. от 15.09.2023).
12. Об утверждении положения об организации и проведении негосударственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий : Постановление Правительства РФ от 31.03.2012 № 272 (ред. от 21.10.2022).
13. Об утверждении Требований к составу, содержанию и порядку оформления заключения государственной экспертизы проектной документации и (или) результатов инженерных изысканий : Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 8 июня 2018 г. № 341/пр (ред. от 07.08.2023).
14. *Толмачев В.В.* Разрушение промышленного здания в г. Дзержинске вследствие карстового провала как результат комплекса управленческих и инженерных ошибок // Взаимодействие сооружений и оснований: методы расчета и инженерная практика : тр. Междунар. конф. по геотехнике, Санкт-Петербург, 26–28 мая 2005 года. Т. 2. СПб. : Издательство АСВ, 2005. С. 329–333. EDN ZGPJJP.
15. *Гусева А.С.* Геоэкологическая оценка экзогенных геологических процессов с использованием ГИС-технологий (на примере территории Новой Москвы) : дис. ... канд. г.-м.н. 2021. 128 с.
16. *Беляев В.Л.* Инженерные изыскания для обоснования градостроительного проектирования: проблемы и перспективы системы государственного регулирования // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2020. № 2. С. 3–9. DOI: 10.31857/s0869780920020022
17. *Катаев В.Н., Щербаков С.В., Золотарев Д.Р., Дробинина Е.В.* Оценка карстовой опасности в отложениях мела на примере территории п. Вышкова Брянской области // Инженерная геология. 2022. Т. XVII. № 3. С. 44–63. DOI: 10.25296/1993-5056-2022-17-3-44-63
18. Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований : Приказ МЧС России от 25.10.2004 № 484 (ред. от 28.09.2021) (зарег. в Минюсте России 23.11.2004 № 6144).
19. Об утверждении Правил выполнения инженерных изысканий, необходимых для подготовки документации по планировке территории, перечня видов инженерных изысканий, необходимых для подготовки документации по планировке территории, и о внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19 января 2006 г. № 20 : Постановление Правительства РФ от 31.03.2017 № 402 (ред. от 19.06.2019).
20. Об инженерных изысканиях для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства : Постановление Правительства РФ от 19.01.2006 № 20 (вместе с «Положением о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства») (ред. от 15.09.2020).
21. Градостроительный кодекс города Москвы : Закон г. Москвы от 25.06.2008 № 28 (ред. от 28.12.2022).
22. *Гаврилова С.А.* Картографирование природных чрезвычайных ситуаций на территории России : автореф. дис. ... канд. географ. наук. М., 2013. 24 с.

Об авторах: **Валерий Львович Беляев** — кандидат технических наук, доцент кафедры градостроительства, доцент кафедры «Инженерные изыскания и геоэкология»; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: kanz@mgsu.ru;

Андрей Александрович Лавруевич — доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой урбоэкологии; **Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ)**; 117485, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23; e-mail: office@mgri.ru.

Вклад авторов: *Беляев В.Л.* — идея и основной объем аналитической работы.

Лавруевич А.А. — участие в части вопросов урбоэкологии и оценки ЧС.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. On Approval of the Strategy for the Development of the Construction industry and Housing and Communal Services of the Russian Federation for the period up to 2030 with a forecast up to 2035 : Decree of the Government of the Russian Federation dated 31.10.2022 No. 3268-r (as amended on 29.11.2023). (rus.).
2. Savarensky I.A., Mironov N.A. *Guidelines for engineering and geological surveys in karst development areas*. Moscow, PNIIS, 1995; 168. (rus.).
3. Tolmachev V.V., Troitskiy G.M., Khomenko V.P. *Engineering and construction development of karst territories*. Moscow, Stroyizdat, 1986; 177. (rus.).
4. Mulder E., Osipov V.I., Kutepov V.M., Tolmachev V.V., Makarov V.I., Mironov O.K. et al. To assess the danger and risk in urban and industrial karst areas using the example of support sites in Moscow and Dzerzhinsk. *Karst Studies — XXI century: theoretical and practical significance : Proceedings of the International Symposium*. Perm, PSU Publishing House, 2004; 29-36. (rus.).
5. Anikeev A.V. *The methodology of karst-suffusion hazard and risk assessment in Moscow*. Moscow, LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017; 80.
6. Reuter F., Tolmačev V. *Bauen und Bergbau in Senkungs — und Erdfallgebieten (Eine Ingenieurgeologie des Karstes)*. Berlin, Akademie-Verlag, 1990; 177.
7. Tolmachev V.V. Regulatory and methodological base of construction in karst regions of Russia: critical analysis, suggestions for improvement. *Environmental safety and construction in karst areas : Proceedings of the International Symposium*. Perm, Perm State National Research University, 2015; 42-49. (rus.).
8. Elkin V.A. Assessment of karst hazard during engineering surveys : a review of Russian regulatory technical documents. *Engineering surveys*. 2018; 12(11-12):12-24. DOI: 10.25296/1997-8650-2018-12-11-12-12-24 (rus.).
9. Kochev A.D., Bogdanov M.I. Development of a new Set of rules “Engineering surveys for construction in karst territories. General requirements”. *Prospects for the development of engineering surveys in construction in the Russian Federation : Proceedings of the XIII All-Russian Conference of Survey Organizations, Moscow, November 29-01, 2017*. Moscow, Geomarketing, 2017; 600-606. (rus.).
10. Belyaev V.L. System of engineering surveys: problems and prospects (institutional and educational aspect). *Ecology of urbanized territories*. 2021; 4:40-46. (rus.).
11. On the Procedure for Organizing and Conducting State Expertise of Design Documentation and Engineering Survey Results : Decree of the Government of the Russian Federation No. 145 dated 05.03.2007 (as amended on 15.09.2023). (rus.).
12. On Approval of the Regulations on the Organization and Conduct of Non-Governmental Expertise of Project Documentation and (or) Engineering Survey Results : Decree of the Government of the Russian Federation No. 272 dated 03/31/2012 (as amended on 10/21/2022). (rus.).
13. On Approval of the Requirements for the Composition, Content and Procedure for Issuing the Conclusion of the State Expert examination of project Documentation and (or) the results of Engineering Surveys : Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation No. 341/pr dated June 8, 2018 (as amended on 08/07/2023). (rus.).
14. Tolmachev V.V. The destruction of an industrial building in Dzerzhinsk due to a sinkhole as a result of a complex of managerial and engineering errors. *Interaction of structures and foundations: calculation methods and engineering practice : Proceedings of the International Conference on Geotechnics, St. Petersburg, May 26-28, 2005. Vol. 2*. Saint Petersburg, DIA Publishing House, 2005; 329-333. EDN ZGPJJP. (rus.).
15. Guseva A.S. *Geoecological assessment of exogenous geological processes using GIS technologies (on the example of the territory of New Moscow) : dissertation for the degree of Candidate of Geological and mineralogical Sciences*. 2021; 128. (rus.).
16. Belyaev V.L. Engineering surveys to substantiate urban planning design: problems and prospects of the system of state regulation. *Geoecology. Engineering geology, hydrogeology, geocryology*. 2020; 2:3-9. DOI: 10.31857/s0869780920020022 (rus.).

17. Kataev V.N., Shcherbakov S.V., Zolotarev D.R., Drobinina E.V. Assessment of karst hazards in Cretaceous sediments on the example of the territory of the village of Vyshkov, Bryansk region. *Engineering Geology*. 2022; XVII(3):44-63. DOI: 10.25296/1993-5056-2022-17-3-44-63 (rus.).
18. On Approval of the Standard Safety Data Sheet for Territories of Subjects of the Russian Federation and Municipalities : Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 10/25/2004 No. 484 (as amended on 09/28/2021) (Registered with the Ministry of Justice of Russia on 11/23/2004 No. 6144). (rus.).
19. On Approval of the Rules for Performing Engineering Surveys Necessary for the Preparation of Documentation on the Layout of the Territory, the List of Types of Engineering Surveys Necessary for the Preparation of Documentation on the Layout of the Territory, and on Amendments to Decree of the Government of the Russian Federation No. 20 dated January 19, 2006 : Decree of the Government of the Russian Federation No. 402 dated 31.03.2017 (as amended on 06/19/2019). (rus.).
20. On Engineering surveys for the preparation of design documentation, construction, reconstruction of capital construction facilities : Decree of the Government of the Russian Federation No. 20 dated 19.01.2006 (together with the “Regulations on the performance of Engineering surveys for the preparation of design documentation, construction, reconstruction of capital construction facilities”) (as amended on 15.09.2020). (rus.).
21. Urban Planning Code of the City of Moscow : The Law of Moscow dated 25.06.2008 No. 28 (as amended on 12/28/2022). (rus.).
22. Gavrilova S.A. *Mapping of natural emergencies in Russia : abstract of the dissertation of the Candidate of Geographical Sciences*. Moscow, 2013; 24. (rus.).

About the authors: **Valery L. Belyaev** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Urban Planning, Associate Professor of the Department of Engineering and Geoecology; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: kanz@mgsu.ru;

Andrey A. Lavrusevich — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of the Department of Urban Ecology; **Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (MGRI)**; 23 Miklukho-Maklaya str., Moscow, 117485, Russian Federation; e-mail: office@mgri.ru.

Contribution of the authors:

Belyaev V.L. — the idea and the main volume of analytical work.

Lavrusevich A.A. — participation in the issues of urban ecology and emergency assessment.

The authors declare no conflict of interest.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Игорь Алексеевич Гульшин

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

В статье рассматривается алгоритм сбора и анализа технологических данных очистных сооружений с использованием методов машинного обучения. Основная цель исследования заключается в решении двух ключевых задач: регрессионного прогнозирования качества очищенных сточных вод и классификации с целью предотвращения аварийных ситуаций на очистных сооружениях, в частности, нитчатого вспухания активного ила. Поскольку получение больших объемов качественных данных непосредственно на действующих очистных установках часто затруднено, особое внимание уделено оценке возможности использования лабораторно полученных данных в качестве обучающего набора. Для этого был сформирован датасет в условиях, воспроизводящих реальный технологический процесс, с последующим применением его для обучения моделей. Тестирование и валидация алгоритма проводились на небольшом наборе реальных производственных данных, полученных непосредственно с действующих станций очистки сточных вод. В результате экспериментального сравнения нескольких подходов к решению указанных задач было выявлено, что наилучшие показатели точности демонстрируют модели градиентного бустинга из семейства CatBoost. Для задачи регрессии удалось достичь среднего абсолютного процентного отклонения (SMAPE) на уровне 9,1 %, а при решении задачи бинарной классификации была получена максимально возможная метрика ROC-AUC, равная 1,0. Кроме того, в рамках работы определен набор наиболее значимых предикторов для каждой из прогнозируемых целевых переменных, что позволило выявить ключевые факторы, влияющие на эффективность очистки и стабильность работы очистных сооружений. Предложены практические рекомендации по подготовке данных и выбору оптимальных моделей, что подтверждает перспективность подхода для автоматизированного контроля и интеллектуального управления процессами очистки сточных вод.

Ключевые слова: очистка сточных вод, машинное обучение, градиентный бустинг, CatBoost, прогнозирование, нитчатое вспухание, подготовка данных

Для цитирования: Гульшин И.А. Автоматизация системы управления процессами очистки сточных вод с помощью методов машинного обучения // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 96–103. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.96-103

AUTOMATION OF WASTEWATER TREATMENT PROCESS CONTROL SYSTEM USING MACHINE LEARNING METHODS

Igor A. Gulshin

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

The paper examines an algorithm for the collection and analysis of technological data from wastewater treatment facilities using machine learning methods. The primary objective of this research is to solve two key tasks: regression-based forecasting of treated wastewater quality and classification to prevent emergency situations at treatment facilities, particularly filamentous bulking of activated sludge. Since obtaining large volumes of high-quality data directly from operational wastewater treatment plants is often challenging, special attention is given to evaluating the feasibility of using laboratory-generated data as a training set. A dataset replicating real technological processes was created in laboratory conditions and subsequently used for model training. The algorithm was tested and validated using a small set of actual operational data obtained directly from existing wastewater treatment plants. Through experimental comparison of various approaches for solving the defined tasks, gradient boosting models from the CatBoost family demonstrated the best accuracy metrics. In the regression task, a Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE) of 9.1 % was achieved, while the binary classification task yielded the maximum possible ROC-AUC metric of 1.0. Furthermore, the study identified a set of the most significant predictors for each target variable, highlighting key factors affecting treatment efficiency and operational stability. Practical recommendations on data preparation and optimal model selection are proposed, demonstrating the potential of the developed approach for automated monitoring and intelligent management of wastewater treatment processes.

Keywords: wastewater treatment, machine learning, gradient boosting, CatBoost, forecasting, filamentous bulking, data preparation

For citation: Gulshin I.A. Automation of wastewater treatment process control system using machine learning methods. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1:96-103. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.96-103 (rus.).

Введение

Очистка сточных вод является критически важной деятельностью, непосредственно влияющей на устойчивое развитие комфортной среды проживания. Она необходима во всех типах производственных процессов и выступает ключевым элементом инфраструктуры населенных пунктов любого масштаба. Несмотря на значительные капитальные вложения, не всегда удается стабильно повысить качество очистки сточных вод. Современные исследования работы существующих очистных сооружений показывают, что неудовлетворительные результаты зачастую обусловлены эксплуатационными ошибками. Хотя современные станции очистки оснащены автоматизированными системами управления, они эффективны лишь при штатном режиме работы. В реальности биологические очистные сооружения представляют собой высокочувствительные биореакторы, функционирующие в квазистационарных условиях. Даже незначительные отклонения в технологических параметрах могут привести к аварийным ситуациям, снижению качества очистки и технологическим сбоям. В условиях нехватки квалифицированного персонала оперативное реагирование на возникающие проблемы затруднено. Это ведет к рискам технологических, экологических и санитарных происшествий, сопровождаемых значительными финансовыми потерями.

В последние годы существенно возрос интерес к применению методов машинного обучения для прогнозирования работы очистных сооружений. Исследования направлены на предсказание качества очищенных сточных вод и своевременное обнаружение аварийных ситуаций [1–7]. Наибольшее внимание уделяется двум типам задач: регрессионному прогнозированию и классификации аномалий. Регрессионные модели ориентированы на внедрение «виртуальных сенсоров», призванных снизить эксплуатационные затраты на измерительные приборы. Например, Zhang [1] применил модель XGBoost для прогнозирования эффективности удаления азота и фосфора с использованием данных о видовом составе активного ила. Модель показала коэффициент детерминации более 0,8. Однако использование таких специфических признаков, как 16S рРНК, затруднено на большинстве реальных очистных сооружений из-за технической сложности анализа.

В работе Wang [2] рассмотрено влияние эксплуатационных параметров на очистной станции в г. Умео (Швеция). На основе анализа важности признаков (Variable Importance Measure, VIM) были сформулированы гипотезы о технологических взаимо-

связях на объекте. Ограничением модели стала ее работа по принципу «черного ящика», однако авторы подчеркнули важность учета временных лагов. Проблему учета временных лагов также исследовал Ху [3], который предложил модель на основе нейронной сети LSTM для прогноза качества очистки сточных вод с учетом задержки обработки сточных вод. Средняя абсолютная процентная ошибка (MAPE) составила 2,3 %, значительно ниже по сравнению с традиционными методами. Однако важно отметить, что производительность таких моделей сильно зависит от качества используемых данных [4]. Модели LSTM склонны к переобучению на малых наборах данных и чувствительны к выбросам [5]. Тем не менее ряд исследователей успешно применяют подходы временных рядов для прогнозирования качества очистки [6, 7]. В качестве альтернативы был предложен подход ORELM (Outlier Robust Extreme Learning Machine), модифицированный специально для работы с выбросами, которые характерны для технологических данных очистных сооружений. Этот метод показал высокие результаты с MAPE около 1,0 %, подтверждая перспективность использования специализированных методов обработки выбросов [8–11].

Задачи классификации в основном ориентированы на выявление аномалий. Bellamoli [9] разработал подход классификации аномалий для реакторов периодического действия (SBR) на основе моделей ансамблей деревьев решений. Максимальный recall достиг 0,83. Elsayed [10] и Nasir [11] применили различные модели классификации, в том числе CatBoost, получивший точность классификации 94,51 %. CatBoost выгодно отличается эффективной обработкой категориальных признаков и высокой скоростью обучения [12–15].

Для решения перечисленных проблем настоящая работа предлагает стратегию формирования обучающих наборов данных в лабораторных условиях с последующей валидацией на реальных данных очистных сооружений. В ходе исследования была проверена гипотеза о применимости лабораторных данных, разработаны рекомендации по подготовке данных, выбору признаков и моделей. Особое внимание уделено использованию признаков, доступных на большинстве объектов, таких как концентрация кислорода и температура. По итогам экспериментальной части работы были разработаны рекомендации по обработке данных, включающие учет соотношения углерода к азоту (C/N), исключение полных дубликатов, обработку пропусков методом Pairwise Deletion и использование робаст-

ных методов масштабирования. Оптимальными моделями были признаны градиентные бустинги семейства CatBoost с обязательной процедурой кросс-валидации для настройки гиперпараметров. Качество моделей оценивалось с помощью метрик SMAPE и ROC-AUC, что позволило достичь высокой точности прогнозирования. Разработанный подход подтверждает свою эффективность для интеллектуального управления процессами очистки сточных вод и предотвращения аварийных ситуаций.

Материалы и методы

Основная задача исследования состояла в разработке метода анализа. Основной целью исследования являлась оценка возможности использования обучающих и тестовых наборов данных из различных источников для прогнозирования качества очищенных сточных вод и выявления аномалий технологического процесса. Тестовый датасет состоял из результатов технологического мониторинга очистных сооружений Московской области, проведенного в 2022–2023 гг., и включал 140 записей по 15 параметрам. Ввиду ограниченности данных для формирования полноценного обучающего набора был задействован лабораторный биореактор, позволяющий генерировать распределения параметров, аналогичные реальным данным.

В ходе лабораторного эксперимента получен набор из 4303 записей по 15 параметрам, характеризующим качество поступающих и очищенных сточных вод (биологическая стадия очистки). Определялись биохимическое потребление кислорода (БПК₅), химическое потребление кислорода (ХПК), аммонийный азот (NH₄), ортофосфаты (PO₄), нитраты и нитриты (NO₂, NO₃ — только в очищенных водах). Технологические параметры включали температуру сточных вод, концентрацию растворенного кислорода в аэробной зоне и долю углекислого газа в отводимом воздухе. Категориальные признаки включали тип внешнего источника углерода (ацетат или раствор синтезированных летучих жирных кислот после подкисления), точку подачи внешнего источника и наличие нитчатого вспухания активного ила. Средние значения параметров представлены в таблице.

При предварительной обработке данных были осуществлены проверка типов данных, выявление и обработка пропусков и дубликатов. Пропуски обрабатывались методом Pairwise Deletion, замещаясь заполнителями, которые могли быть временно исключены из анализа при помощи логической фильтрации. Для временных рядов применялась автоматизированная импутация. Статистический анализ включал проверку нормальности распределений по критерию Шапиро–Уилка. В случае

Результаты анализа основных нормативно-технических документов в части требований к оценке карстоопасности территорий

Параметр	Лабораторная установка	Очистные сооружения
БПК ₅ , мгО ₂ /л	107	108
ХПК, мгО ₂ /л	135	136
Аммонийный азот, мг/л	35	34,6
Ортофосфаты, мг/л	8	7,6
Растворенный кислород, мг/л	2,51	2,53
Температура, °С	20	19,8

ненормальности распределений использовался Bootstrap-анализ с выборками в 10 % от общего размера и оценкой значимости при уровне 0,05. При подтверждении равенства средних значений выборок проводился корреляционный анализ с использованием инструмента `phik_matrix` библиотеки `PhiK`, подходящего для оценки нелинейных и категориальных зависимостей.

Эксперимент проводился с использованием автоматизированного лабораторного биореактора-ферментера Yocell YC-JG (Yocell Biotechnology, Китай) с рабочим объемом 11 литров. Фотография биореактора представлена на рисунке. Реактор оснащен контролируемой электромеханической мешалкой, пневматической системой аэрации и системой термостатирования. Аналитическое оборудование включало сенсоры растворенного кислорода, pH, соединений азота, концентрации углекислого газа, а также приборы для анализа ХПК и БПК (Hamilton, HACH, BlueSens, Xylem Analytics). Контрольные измерения проводились спектрофотометром HACH Lange DR6000 и другими стандартными аналитическими методами. Управление осуществлялось с помощью программного обеспечения Siemens Simatic. В качестве субстрата использовалась сточная вода и растворы летучих жирных кислот, полученных ферментацией осадка.

В работе решались задачи регрессии (прогнозирование численных характеристик очищенных сточных вод) и классификации (выявление нитчатого вспухания активного ила). Процесс моделирования включал обработку данных, рандомизированную кросс-валидацию моделей и оценку значимости признаков методом SHAP. Для регрессии использовались модели DecisionTreeRegressor, LinearRegression, ElasticNet, Lasso Regression, Ridge Regression, XGBoost, LightGBM и CatBoost с метрикой SMAPE. Качество моделей дополнительно оценивалось метриками R², RMSE и MAE.

Для классификации применялись модели DecisionTreeClassifier, LogisticRegression, KNeighborsClassifier, SVC, а также XGBoost, LightGBM и



Лабораторная установка, используемая для набора тренировочной выборки

CatBoost с метрикой ROC-AUC. Настройка гиперпараметров осуществлялась при помощи RandomizedSearchCV. Проверка адекватности моделей проводилась сравнением с постоянной моделью DummyRegressor. Тестовая выборка формировалась из реальных данных очистных сооружений после предварительного статистического анализа.

Результаты и обсуждение

Перед построением моделей был проведен комплексный статистический анализ наборов данных, полученных с лабораторной установки и действующих очистных сооружений. Установлено, что численные признаки имеют разные шкалы измерений, что потребовало масштабирования данных перед моделированием. Анализ также выявил отсутствие аномальных значений, подтверждая пригодность данных для дальнейшей работы. Сравнительное исследование подтвердило соответствие природы признаков в обоих наборах данных.

Для проверки гипотезы о равенстве соотношений признаков между лабораторными и производственными выборками был введен дополнительный признак — соотношение легкоокисляемой органики (БПК₅) к аммонийному азоту (NH₄), а также показатели эффективности очистки по основ-

ным загрязнениям. Распределения численных признаков были близки к нормальному, хотя были выявлены выбросы, соответствующие естественной изменчивости процесса очистки сточных вод.

Для устранения негативного влияния дисбаланса классов при моделировании аварийной ситуации (нитчатое вспухание активного ила) была применена процедура oversampling. Результаты анализа Bootstrap подтвердили равенство средних значений выборок по основным показателям, что позволило обоснованно использовать лабораторные данные для моделирования реальных условий.

Корреляционный анализ не выявил значимой мультиколлинеарности между входными признаками. При этом отмечена сильная корреляция между отдельными целевыми параметрами, такими как ХПК/БПК₅, точка подачи субстрата/фосфаты, нитраты/нитриты. Это связано с биохимической природой процессов, где реакционная способность существенно зависит от температуры и концентрации растворенного кислорода. В результате применения процедуры перекрестной валидации и анализа важности признаков (SHAP-анализ) лучшими моделями были признаны алгоритмы градиентного бустинга семейства CatBoost. Для регрессионных задач достигнуты значения SMAPE менее 10 %,

а для классификации аварийных ситуаций метрика ROC-AUC составила 0,95.

При решении задач классификации особое внимание уделялось исключению ложноотрицательных прогнозов, что было подтверждено матрицей ошибок, свидетельствующей об отсутствии необходимости корректировки пороговых значений модели. Анализ остатков для регрессионных задач не выявил систематической ошибки модели, однако указал на необходимость расширения набора данных для повышения точности прогнозирования. В целом полученные результаты демонстрируют перспективность применения моделей CatBoost для прогнозирования качества очищенных сточных вод и предотвращения аварийных ситуаций на очистных сооружениях. Включение специфических технологических параметров (например, типа и точки ввода внешнего субстрата) позволило повысить точность и интерпретируемость моделей, подтвердив важность комплексного подхода к анализу данных в задачах управления очисткой сточных вод.

Нитчатое вспухание активного ила классифицируется как аварийная ситуация в системах очистки сточных вод, приводящая к значительным негативным последствиям для технологического процесса. В частности, нитчатое вспухание часто становится причиной полного нарушения работы системы из-за потери осаждаемости ила, что ведет к резкому ухудшению качества очищенных сточных вод. Вероятность возникновения такой ситуации при обычных условиях эксплуатации оценивается как низкая (около 3 % по данным лабораторного эксперимента). В связи с этим при обучении моделей важна стратификация данных или применение метода oversampling для устранения негативного влияния дисбаланса классов. Использование данных методов гарантирует, что редкие, но критические события будут адекватно представлены в обучающем наборе, улучшая прогнозную способность модели.

Анализ распределений признаков показал, что большинство из них близки к нормальному, однако выявлено отклонение от нормальности, обусловленное пределами обнаружения аналитического оборудования. Данное обстоятельство усложняет проведение статистического анализа, предполагающего нормальность распределений, и требует использования робастных статистических методов, таких как Bootstrap-анализ. Проведенный Bootstrap-анализ подтвердил равенство средних значений показателей лабораторных и эксплуатационных выборок, что обосновывает возможность применения лабораторных данных для моделирования реальных процессов очистки сточных вод. Построенные диаграммы рассеяния подтвердили наличие линейной зависимости только для аммонийного азота, раство-

ренного кислорода и температуры. Это обусловлено природой биохимических процессов, интенсивность которых зависит от температуры среды и концентрации кислорода, доступного для микроорганизмов. Значимую роль также играет доступность органического субстрата относительно количества поступающего азота (соотношение C/N).

Отсутствие явных линейных зависимостей между большинством предикторов и целевыми переменными свидетельствует о необходимости применения нелинейных методов машинного обучения, таких как градиентный бустинг. В результате исследования наиболее точные прогнозы были получены с использованием модели CatBoost, обладающей высокой эффективностью обработки категориальных признаков. Анализ важности признаков (SHAP) позволил выявить значимость ряда специфических технологических параметров, таких как тип и точка ввода внешнего субстрата, концентрация растворенного кислорода и температура. Эти результаты существенно дополняют понимание факторов, влияющих на качество очистки.

Особое внимание в классификационных задачах уделялось минимизации ложноотрицательных прогнозов (пропусков аварийных ситуаций). Матрица ошибок показала, что модель успешно идентифицировала все случаи нитчатого вспухания, исключив необходимость изменения пороговых значений модели. Проведенный анализ остатков регрессионных моделей подтвердил отсутствие систематических отклонений, однако выявил необходимость увеличения объема исторических данных для улучшения качества прогнозов.

В целом исследование подтверждает целесообразность использования методов машинного обучения, в частности модели CatBoost, для прогнозирования качества очищенных сточных вод и своевременного выявления аварийных ситуаций. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение влияния типа и точек введения внешних субстратов на эффективность очистки, а также на расширение и диверсификацию используемых наборов данных.

Выводы

В рамках выполненного исследования основной задачей являлась не разработка конкретных моделей, а формулирование подходов и практических рекомендаций по сбору данных, подготовке их для моделирования и последующему выбору оптимальных моделей. В связи с высокой чувствительностью моделей к изменениям технологических параметров (например, продолжительности очистки) любые корректировки требуют обязательного переобуче-

ния модели. На основе проведенной работы сформулированы следующие рекомендации:

1. Необходимо строго соблюдать соответствие лабораторного моделирования реальным технологическим параметрам исследуемых очистных сооружений. В первую очередь это касается средних концентраций входящих загрязняющих веществ, растворенного кислорода и температуры. Доля углекислого газа, как нерегулируемый показатель, может быть исключена при значительных расхождениях. Желательно использовать аналитическое оборудование, аналогичное установленному на реальных объектах, а также автоматизировать сбор показаний датчиков, ориентируясь на максимально возможные интервалы измерений.

2. Из обучающего набора следует удалять полные дубликаты данных, предотвращая тем самым утечку информации при кросс-валидации. Для количественных признаков рекомендуется использовать стратегию Pairwise Deletion. Пропущенные значения временных рядов следует заполнять средним значением двух соседних точек, а для категориальных признаков — модой.

3. Не рекомендуется удалять выбросы, находящиеся за пределами межквартильного размаха, так как они часто сигнализируют об аварийных ситуациях. Перед обучением модели необходимо проводить статистические тесты на равенство средних значений выборки (например, критерий Стьюдента при выборках более 50 наблюдений). Также обязателен корреляционный анализ для выявления мультиколлинеарности. Если данные не подходят для стандартных статистических тестов, рекомендуется Bootstrap-анализ, так как показатели эффективности очистки воды часто имеют экспоненциальное распределение.

4. При значительном дисбалансе классов целесообразно применять методы oversampling или стратификацию данных. В настоящем исследовании высокое качество предсказаний было достигнуто

и при дисбалансе классов, однако необходимость использования данных методов должна проверяться отдельно для каждого конкретного случая. Масштабирование признаков рекомендуется проводить робастными методами, такими как RobustScaler.

5. Для рассматриваемого набора признаков наиболее эффективными оказались модели градиентного бустинга семейства CatBoost, применимые как для регрессионных, так и для классификационных задач. Поскольку для каждой целевой переменной существуют собственные оптимальные гиперпараметры, следует использовать процедуру кросс-валидации для их подбора.

6. В качестве наиболее объективных метрик оценки моделей предлагается использовать SMAPE для регрессии и ROC-AUC для классификации. Адекватность моделей рекомендуется проверять путем сравнения полученных метрик с метриками постоянной модели.

7. При решении классификационных задач по выявлению аварийных ситуаций необходимо минимизировать вероятность ложноотрицательных прогнозов, что означает исключение пропуска предсказаний аварий, кодируемых как «0» при помощи LabelEncoder. Для этого требуется проводить оценку качества классификации по confusion matrix и, при необходимости, повторно настраивать пороговые значения моделей по метрикам Recall и Precision.

8. Полученные модели позволяют прогнозировать как эффективность очистки сточных вод, так и вероятность возникновения аварийных ситуаций с учетом временного лага, равного гидравлическому времени пребывания (HRT). Величина HRT закладывается в проектные расчеты очистных сооружений и корректируется в зависимости от гидравлической нагрузки на биореактор. Этот фактор должен учитываться при использовании моделей в каждом конкретном случае.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Zhang Y., Wu H., Xu R., Wang Y., Chen L., Wei C. Machine learning modeling for the prediction of phosphorus and nitrogen removal efficiency and screening of crucial microorganisms in wastewater treatment plants // *Sci. Total Environ.* 2024. Vol. 907. No. 167730. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167730
2. Wang D., Thunéll S., Lindberg U., Jiang L., Trygg J., Tysklind M. et al. A machine learning framework to improve effluent quality control in wastewater treatment plants // *Sci. Total Environ.* 2021. Vol. 784. No. 147138. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147138
3. Xu B., Pooi C.K., Tan K.M., Huang S., Shi X., Ng H.Y. A novel long short-term memory artificial neural network (LSTM)-based soft-sensor to monitor and forecast wastewater treatment performance // *J. Water Process Eng.* 2023. Vol. 54. No. 104041. DOI: 10.1016/j.jwpe.2023.104041
4. Abouzari M., Pahlavani P., Izaditame F., Bigdeli B. Estimating the chemical oxygen demand of petrochemical wastewater treatment plants using linear and nonlinear statistical models : a case study // *Chemosphere.* 2021. Vol. 270. No. 129465. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.129465
5. Recio-Colmenares R., León Becerril E., Gurubel Tun K.J., Conchas R.F. Design of a Soft Sensor Based on

- Long Short-Term Memory Artificial Neural Network (LSTM) for Wastewater Treatment Plants // *Sensors*. 2023. Vol. 23. Issue 22. No. 9236. DOI: 10.3390/s23229236
6. El-Rawy M., Abd-Ellah M.K., Fathi H., Ahmed A.K.A. Forecasting effluent and performance of wastewater treatment plant using different machine learning techniques // *J. Water Process Eng.* 2021. Vol. 44. No. 102380. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102380
 7. Singh N.K., Yadav M., Singh V., Padhiyar H., Kumar V., Bhatia S.K. et al. Artificial intelligence and machine learning-based monitoring and design of biological wastewater treatment systems // *Bioresour. Technol.* 2023. Vol. 369. No. 128486. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.128486
 8. Boumezbeur H., Laouacheria F., Heddam S., Djemili L. Modelling coagulant dosage in drinking water treatment plant using advance machine learning model: Hybrid extreme learning machine optimized by Bat algorithm // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023. Vol. 30. No. 28. Pp. 72463–72483. DOI: 10.1007/s11356-023-27224-6
 9. Bellamoli F., Di Iorio M., Vian M., Melgani F. Machine learning methods for anomaly classification in wastewater treatment plants // *J. Environ. Manage.* 2023. Vol. 344. No. 118594. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.11859411
 10. Elsayed A., Siam A., El-Dakhakhni W. Machine learning classification algorithms for inadequate wastewater treatment risk mitigation // *Process Saf Environ Prot.* 2022. Vol. 159. Pp. 1224–1235. DOI: 10.1016/j.psep.2022.01.06512
 11. Nasir N., Kansal A., Alshaltone O., Barneih F., Sameer M., Shanableh A. et al. Water quality classification using machine learning algorithms // *J. Water Process Eng.* 2022. Vol. 48. No. 102920. DOI: 10.1016/j.jwpe.2022.10292013
 12. Jiang J., Xiang X., Zhou Q., Zhou L., Bi X., Khanal S.K. et al. Optimization of a Novel Engineered Ecosystem Integrating Carbon, Nitrogen, Phosphorus, and Sulfur Biotransformation for Saline Wastewater Treatment Using an Interpretable Machine Learning Approach // *Environ. Sci. Technol.* 2024. Vol. 58. No. 29. Pp. 12989–12999. DOI: 10.1021/acs.est.4c0316014
 13. Al Nuaimi H., Abdelmagid M., Bouabid A., Chrysikopoulos C.V., Maalouf M. Classification of WatSan Technologies using machine learning techniques // *Water*. 2023. Vol. 15. Issue 15. No. 2829. DOI: 10.3390/w1515282915
 14. Wang Q., Li Z., Cai J., Zhang M., Liu Z., Xu Y., Li R. Spatially adaptive machine learning models for predicting water quality in Hong Kong // *J. Hydrol.* 2023. Vol. 622. No. 129649. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.12964916
 15. Halalsheh N., Alshboul O., Shehadeh A., Al Mamlook R.E., Al-Othman A., Tawalbeh M. et al. Breakthrough curves prediction of selenite adsorption on chemically modified zeolite using boosted decision tree algorithms for water treatment applications // *Water*. 2022. Vol. 14. Issue 16. No. 2519. DOI: 10.3390/w14162519

Об авторе: Игорь Алексеевич Гульшин — доцент кафедры водоснабжения и водоотведения; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: GulshinIA@mgsu.ru.

REFERENCES

1. Zhang Y., Wu H., Xu R., Wang Y., Chen L., Wei C. Machine learning modeling for the prediction of phosphorus and nitrogen removal efficiency and screening of crucial microorganisms in wastewater treatment plants. *Sci. Total Environ.* 2024; 907:167730. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.167730
2. Wang D., Thunell S., Lindberg U., Jiang L., Trygg J., Tysklind M. et al. A machine learning framework to improve effluent quality control in wastewater treatment plants. *Sci. Total Environ.* 2021; 784:147138. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147138
3. Xu B., Pooi C.K., Tan K.M., Huang S., Shi X., Ng H.Y. A novel long short-term memory artificial neural network (LSTM)-based soft-sensor to monitor and forecast wastewater treatment performance. *J. Water Process Eng.* 2023; 54:104041. DOI: 10.1016/j.jwpe.2023.104041
4. Abouzari M., Pahlavani P., Izaditame F., Bigdeli B. Estimating the chemical oxygen demand of petrochemical wastewater treatment plants using linear and nonlinear statistical models : A case study. *Chemosphere.* 2021; 270:129465. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2020.129465
5. Recio-Colmenares R., León Becerril E., Gurubel Tun K.J., Conchas R.F. Design of a Soft Sensor Based on Long Short-Term Memory Artificial Neural Network (LSTM) for Wastewater Treatment Plants. *Sensors.* 2023; 23(22):9236. DOI: 10.3390/s23229236
6. El-Rawy M., Abd-Ellah M.K., Fathi H., Ahmed A.K.A. Forecasting effluent and performance of wastewater treatment plant using different machine learning techniques. *J. Water Process Eng.* 2021; 44:102380. DOI: 10.1016/j.jwpe.2021.102380

7. Singh N.K., Yadav M., Singh V., Padhiyar H., Kumar V., Bhatia S.K. et al. Artificial intelligence and machine learning-based monitoring and design of biological wastewater treatment systems. *Bioresour. Technol.* 2023; 369:128486. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.128486
8. Boumezbeur H., Laouacheria F., Heddam S., Djemili L. Modelling coagulant dosage in drinking water treatment plant using advance machine learning model: Hybrid extreme learning machine optimized by Bat algorithm. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023; 30(28):72463-72483. DOI: 10.1007/s11356-023-27224-6
9. Bellamoli F., Di Iorio M., Vian M., Melgani F. Machine learning methods for anomaly classification in wastewater treatment plants. *J. Environ. Manage.* 2023; 344:118594. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.11859411
10. Elsayed A., Siam A., El-Dakhkhni W. Machine learning classification algorithms for inadequate wastewater treatment risk mitigation. *Process Saf Environ Prot.* 2022; 159:1224-1235. DOI: 10.1016/j.psep.2022.01.06512
11. Nasir N., Kansal A., Alshaltone O., Barneih F., Sameer M., Shanableh A. et al. Water quality classification using machine learning algorithms. *J. Water Process Eng.* 2022; 48:102920. DOI: 10.1016/j.jwpe.2022.10292013
12. Jiang J., Xiang X., Zhou Q., Zhou L., Bi X., Khanal S.K. et al. Optimization of a Novel Engineered Ecosystem Integrating Carbon, Nitrogen, Phosphorus, and Sulfur Biotransformation for Saline Wastewater Treatment Using an Interpretable Machine Learning Approach. *Environ. Sci. Technol.* 2024; 58(29):12989-12999. DOI: 10.1021/acs.est.4c0316014
13. Al Nuaimi H., Abdelmagid M., Bouabid A., Chrysikopoulos C.V., Maalouf M. Classification of WatSan Technologies using machine learning techniques. *Water.* 2023; 15(15):2829. DOI: 10.3390/w1515282915
14. Wang Q., Li Z., Cai J., Zhang M., Liu Z., Xu Y. et al. Spatially adaptive machine learning models for predicting water quality in Hong Kong. *J. Hydrol.* 2023; 622:129649. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.12964916
15. Halalsheh N., Alshboul O., Shehadeh A., Al Mamlook R.E., Al-Othman A., Tawalbeh M. et al. Breakthrough curves prediction of selenite adsorption on chemically modified zeolite using boosted decision tree algorithms for water treatment applications. *Water.* 2022; 14(16):2519. DOI: 10.3390/w14162519

About the author: **Igor A. Gulshin** — assistant professor; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: GulshinIA@mgsu.ru.

ГЛУБОКАЯ ОЧИСТКА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА НА БИОФИЛЬТРАХ

Ольга Викторовна Февральских

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГРУ); г. Москва, Российская Федерация

В статье рассматривается возможность использования биофильтров как основных сооружений биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с достижением качества очищенной воды, соответствующей нормативам сброса в водные объекты рыбохозяйственного назначения. Существует ряд преимуществ данных сооружений: скоростное изъятие загрязняющих веществ, энергоэффективность в связи с отсутствием необходимости принудительной аэрации и небольшое по сравнению с другими очистными сооружениями количество биомассы. Биофильтры достаточно эффективны в условиях периодического поступления сточной воды. Для проведения исследований отобраны современные загрузки, изготовленные из полимерных материалов. Исследования проводились в лабораторных и полупроизводственных условиях. Эксперимент по разработке технологии глубокой биологической очистки сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах был разделен на 3 основных этапа. На 1-м этапе исследовалась лабораторная модель, представляющая собой 2 биофильтрационных реактора: зону денитрификации и нитрификации и вторичный отстойник с поступлением искусственно составленной сточной воды. На 2-м этапе исследовалась модель с 4 зонами с использованием искусственно составленной сточной воды, а на 3-м — с 4 зонами биофильтрации, но на реальной сточной воде. Глубокое удаление соединений азота и органических загрязнений наблюдается как на классической схеме нитрификации–денитрификации, так и на обратной. Отмечается стабильное протекание процессов нитрификации–денитрификации в схемах с рециркуляцией нитратной воды. Предложенный расчет биофильтров состоит из двух частей: отдельно рассчитываются объемы анаэробной и аэробной зон. Расчет аэробной зоны предложен для загрузочного материала цилиндрической формы. Методика математического моделирования аэробных зон нитрификации в биофильтрах основывается на решении уравнения материального баланса массы субстрата для относительно неограниченного участка тонкого активного слоя биопленки для загрузочного материала цилиндрической формы. Для расчета зон денитрификации следует воспользоваться полученными значениями скорости удаления нитратов и временем пребывания воды в зоне денитрификации.

Ключевые слова: биофильтр, азот аммонийный, нитрификация, денитрификация, расчет биофильтров

Для цитирования: Февральских О.В. Глубокая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 1. С. 104–110. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.104-110

DEEP TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER FROM ORGANIC CONTAMINANTS AND NITROGEN COMPOUNDS USING BIOFILTERS

Olga V. Fevral'skikh

Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI–RGGRU); Moscow, Russian Federation

The article discusses the possibility of using biofilters as the main structures for the biological treatment of household wastewater to achieve the quality of purified water that meets the standards for discharge into fishery water bodies. There are a number of advantages of these facilities — rapid removal of pollutants, energy efficiency due to the absence of the need for forced aeration, and a small amount of biomass compared to other treatment facilities. Biofilters are quite effective in conditions of periodic influx of wastewater. Modern loads made of polymer materials were selected for research. The studies were carried out in laboratory and semi-production conditions. The experiment to develop a technology for deep biological treatment of wastewater from organic pollutants and nitrogen compounds using biofilters was divided into 3 main stages. At the 1st stage, a laboratory model was studied, which represented 2 biofiltration reactors - a denitrification and nitrification zone and a secondary settling tank with the supply of artificially composed wastewater. At stage 2, a model with 4 zones was studied using artificially composed wastewater, and at stage 3, with 4 biofiltration zones, but using real wastewater. Deep removal of nitrogen compounds and organic contaminants is observed both in the classical scheme of nitrification — denitrification and in the reverse. There is a stable occurrence of nitrification-denitrification processes in schemes with recirculation of nitrate water. The proposed calculation of biofilters consists of two parts: the volumes of anoxic and

aerobic zones are calculated separately. Calculation of the aerobic zone is proposed for a cylindrical loading material. The method of mathematical modeling of aerobic nitrification zones in biofilters is based on solving the equation of material balance of substrate mass for a relatively unlimited area of a thin active layer of biofilm for a cylindrical loading material. To calculate denitrification zones, you should use the obtained values for the rate of nitrate removal and the residence time of water in the denitrification zone.

Keywords: biofilter, ammonium nitrogen, nitrification, denitrification, calculation of biofilters

For citation: Fevral'skikh O.V. Deep treatment of domestic wastewater from organic contaminants and nitrogen compounds using biofilters. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology*. 2025; 1:104-110. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.1.104-110 (rus.).

Введение

Биофильтр — это сооружение, в котором сточная вода проходит сквозь загрузочный материал с иммобилизированной на нем биопленкой. Наибольший рост проектирования и строительства биофильтров приходился на конец прошлого века [1–3]. В настоящее время биофильтры практически не проектируются и не строятся, в лучшем случае речь идет о реконструкции действующих сооружений [4, 5]. Связано это с отсутствием наработанной практики расчетов и опыта эксплуатации сооружений в соответствии с современными требованиями, предъявляемыми к качеству очищенной воды.

Отмечается, что действующие канализационные очистные сооружения, в составе которых присутствуют биофильтры, как правило, обеспечивают проектное качество очистки.

Существует ряд преимуществ данных сооружений — скоростное изъятие загрязняющих веществ, энергоэффективность в связи с отсутствием необходимости принудительной аэрации и небольшое по сравнению с другими очистными сооружениями количество биомассы. Биофильтры достаточно эффективны в условиях периодического поступления сточной воды [6].

Опыт эксплуатации биофильтров и проведенные исследования говорят о достаточно стабильно протекающем процессе нитрификации в биофильтрах [7–9]. Однако возможность проведения процессов денитрификации в биофильтрах еще предстоит изучить. Таким образом, представляется целесообразным разработать технологию глубокой очистки сточных вод на биофильтрах с устройством зон нитрификации и денитрификации, а также разработать методику расчета. Возобновление использования биофильтров для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в качестве основных сооружений биологической очистки представляет большое значение для народного хозяйства; реконструкция действующих сооружений с возможностью достижения современных нормативов, предъявляемых к очищенной воде, позволит существенно экономить ресурсы за счет сокращения затрат на электроэнергию, на строительство новых сооружений, отсутствия необходимости выделения земли под строительство и т.д.

рификации и денитрификации, а также разработать методику расчета. Возобновление использования биофильтров для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в качестве основных сооружений биологической очистки представляет большое значение для народного хозяйства; реконструкция действующих сооружений с возможностью достижения современных нормативов, предъявляемых к очищенной воде, позволит существенно экономить ресурсы за счет сокращения затрат на электроэнергию, на строительство новых сооружений, отсутствия необходимости выделения земли под строительство и т.д.

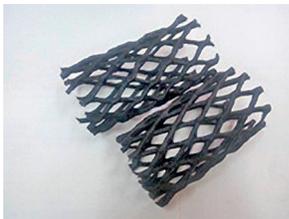
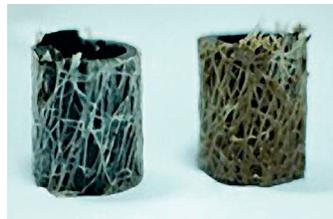
Материалы и методы

Для проведения исследований отобраны современные загрузки, изготовленные из полимерных материалов [10, 11]. Выбранные загрузочные материалы представлены в табл. 1. Пористости и величина удельной поверхности указаны в соответствии с данными, обозначенными производителем.

Схема проведенных экспериментов представлена на рис. 1. Эксперимент по разработке технологии глубокой биологической очистки сточных вод от органических загрязнений и соединений азота на биофильтрах был разделен на 3 основных этапа и один предварительный [12, 13].

Исследования проводились на искусственно составленной сточной жидкости (этап 1, 2) и реальной сточной воде (этап 3). Химический состав искусственной сточной воды был приближен к реальной хозяйственно-бытовой сточной воде, характерной для Московской области и для очист-

Таблица 1. Исследуемые полимерные загрузочные материалы

Загрузка, номер	1	2	3
Внешний вид			
Пористость, %	до 90	до 90	до 93
Удельная поверхность	2500 м ² /м ²	150 м ² /м ³	200 м ² /м ³

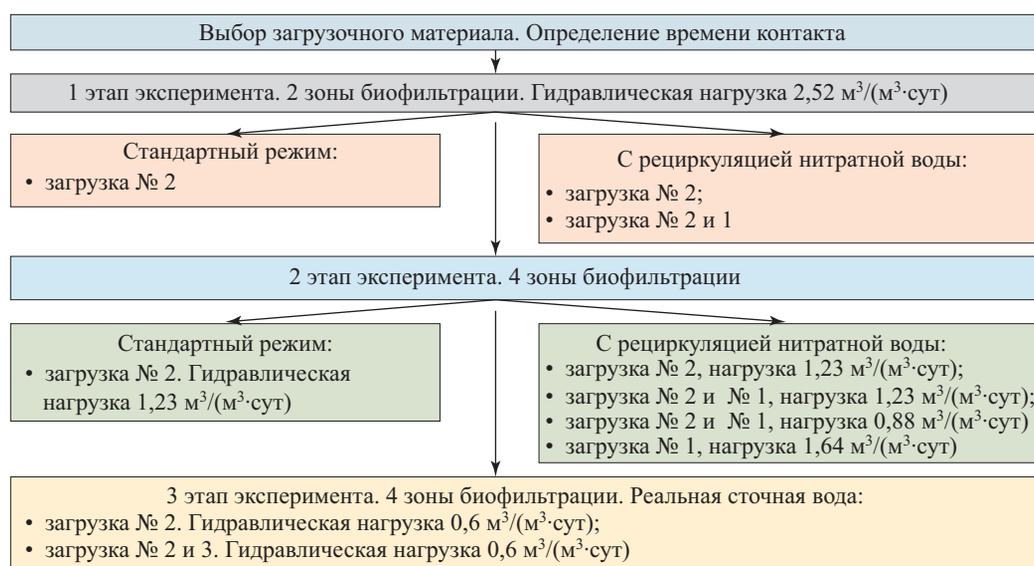


Рис. 1. Схема эксперимента

Таблица 2. Химический состав сточной воды

Концентрация, мг/л	Для искусственной сточной воды		Для реальной сточной воды	
	БПК ₅	N-NH ₄	БПК ₅	N-NH ₄
Максимальная	165,0	77,4	130	41,65
Минимальная	53,2	8,0	39	12,11
Средняя	97,3	24,2	81,3	26,39

ных сооружений средней мощности. Химический состав сточной воды представлен в табл. 2.

Количественные химические анализы проводились по стандартизированным методикам.

Глубокая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод от соединений азота на биофильтрах

Для определения возможности проведения глубокой очистки сточных вод на биофильтрах исследования проводились поэтапно согласно схеме (рис. 1).

На первом этапе исследовалась лабораторная модель, работающая с 2 зонами биофильтрации: модельная сточная жидкость подавалась сначала в зону денитрификации, затем в зону нитрификации, после чего поступала во вторичный отстойник, где происходила седиментация биомассы. В режиме работы установки с рециркуляцией в объеме 100 % отмечается достаточно высокая эффективность удаления органических загрязнений — 90,9 %, однако максимальная окислительная мощность по азоту аммонийному при этом составляла 39,03 г/м³·сут, а процессы денитрификации не протекали вовсе.

На втором этапе исследовалась работа лабораторной модели с 4 зонами биофильтрации. Лабо-

раторная модель устраивалась путем добавления к имеющемуся лабораторному стенду второго модуля. То есть появляются две аналогичные ступени очистки, работающие по схеме первого этапа с предвключенной денитрификацией. В табл. 3 представлены результаты работы лабораторных установок на втором этапе.

Таким образом, наличие рециркуляции нитратной воды положительно сказывается на эффективности удаления загрязнений.

Отмечается, что на второй ступени проходила денитрификация. Следует отметить, что условия для прохождения реакции нитрификации–денитрификации на 2-й ступени сточная вода характеризуется низким содержанием БПК₅.

Для анализа процессов денитрификации используются показатели скорости удаления нитрата, на рис. 2 представлено изменение концентрации нитрата в пилотной установке по времени.

Скорость удаления нитрата для описанного случая составит 114 г/(м³·ч).

На третьем этапе проводились исследования, выполненные в полупроизводственных условиях на действующих очистных сооружениях Московской области. Третий этап также был разбит на два подэтапа. Этап 3.1 проводился по технологической схеме, описанной ранее с предвключенной денитрификацией и промежуточным отстаиванием на

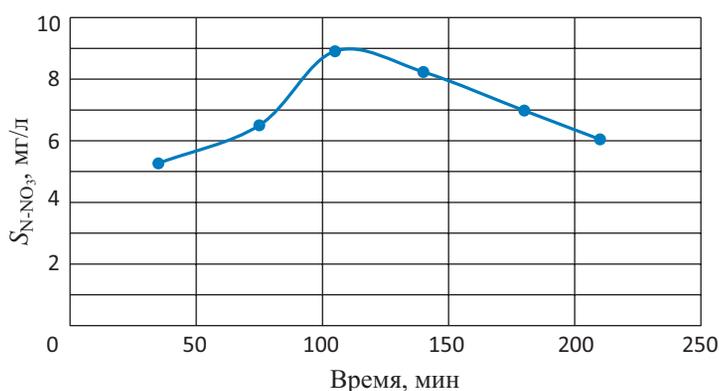


Рис. 2. Изменение концентрации $N-NO_3$ в пилотной установке с рециркуляцией нитратной воды и гидравлической нагрузкой $1,23 \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$ с загрузочным материалом № 1 и 2 в зависимости от времени пребывания

Таблица 3. Технологические показатели и результаты работы пилотных установок

Номер	Режим	Загрузка	Гидравлическая нагрузка, $\text{м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$	Эффективность удаления БПК ₅ , %	Эффективность удаления $N-NH_4$, %
2.1	Стандартный	№ 2	1,23	79,76	45,85
2.2	Рециркуляция 100 %	№ 2	1,23	96,84	97,27
2.3	Рециркуляция 100 %	№ 2 и 1	1,23	96,64	98,77
2.4	Рециркуляция 100 %	№ 2 и 1	0,88	97,59	99,45
2.5	Рециркуляция 100 %	№ 1	1,64	82,44	77,01

4 зонах биофильтрации, но уже на реальной сточной воде. Этап 3.2 проводился без промежуточного отстаивания на 4 зонах биофильтрации с предвключенной нитрификацией. Технологические показатели и результаты работы пилотных установок представлены в табл. 4.

Глубокое удаление соединений азота и органических загрязнений наблюдается как на схеме с постденитрификацией, так и на схеме с предвключенной денитрификацией. Отмечается стабильное протекание процессов нитрификации–денитрификации в схемах с рециркуляцией нитратной воды.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности проведения процессов денитрификации–нитрификации на биологических фильтрах и как следствие их широкого применения.

Расчет размеров биофильтров, работающих в режиме денитрификации и нитрификации

Существует несколько методик расчета биофильтров, наиболее популярный расчет по критери-

альному комплексу [1, 4, 15], но есть также и другие [14, 16]. Однако существующие методики расчета не предполагают использование биофильтров в качестве реакторов с проведением денитрификации–нитрификации. Поэтому предложен расчет, состоящий из двух частей: отдельно рассчитываются объемы аноксидной и аэробной зон. Расчет аэробной зоны предложен для загрузочного материала цилиндрической формы.

Методика математического моделирования аэробных зон нитрификации в биофильтрах основывается на решении уравнения материального баланса массы субстрата для относительно неограниченного участка тонкого активного слоя биопленки для загрузочного материала цилиндрической формы.

Для расчета скорости реакции при полном отсутствии ингибирующего процесса биоокисления используется уравнение Моно (принимается, что имеет место реакция первого порядка). В результате решения уравнений получена формула для расчета высоты биофильтра, которая предлагается для использования в процессе проектирования:

Таблица 4. Технологические показатели и результаты работы пилотных установок

Номер	Режим	Загрузка	Гидравлическая нагрузка, $\text{м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$	Эффективность удаления БПК ₅ , %	Эффективность удаления $N-NH_4$, %
3.1	Рециркуляция 100 %	№ 1 и 2	0,7	96,92	99,00
3.2	Рециркуляция 100 %	№ 2 и 3	0,6	96,41	99,47

$$H = \sqrt{\frac{v}{F_{\delta} \cdot K_L (1 - A)} \ln \frac{L_0}{L_H}}, \quad (1)$$

где v — скорость фильтрации, м/час; F_{δ} — эффективная площадь контакта очищаемой воды с биопленкой, м²; K_L — значение коэффициента массопереноса субстрата в жидкой пленке, м/час; A — параметр, зависящий от величины отношения скорости окисления к константе полунасыщения, коэффициента молекулярной диффузии субстрата в биопленке, толщины биопленки и радиуса загрузки; L_0 — концентрация загрязнения на входе, мг/л; L_H — концентрация загрязнения на выходе, мг/л.

Скорость фильтрации рекомендуется определять в ходе аппроксимации результатов экспериментов с загрузочным материалом степенной функцией.

Для этого предварительно производилось определение времени контакта воды с поверхностью загрузочного материала в биофильтре. Были определены зависимости времени пребывания воды в реакторе от гидравлической нагрузки.

В пилотную установку залповым сбросом поступал раствор концентрированного красителя, для определения изменения концентрации трассера в выходящей воде использовался фотоэлектродиметр.

По результатам были построены графики зависимости концентрации красителя от времени отбора пробы. Для определения времени контакта вычислялась площадь криволинейной трапеции, ее статический момент, а также центр тяжести.

Для расчета зон денитрификации следует воспользоваться полученными значениями скорости удаления нитратов и временем пребывания воды в зоне денитрификации (рис. 2).

Время пребывания, как правило, характеризуется высотой сооружения, а площадь поверхности следует

вычислить, используя гидравлическую нагрузку, применяемую в эксперименте, путем увеличения площади поверхности до необходимой гидравлической нагрузки.

Выводы

1. Биологические фильтры возможно использовать как основные сооружения глубокой биологической очистки сточных вод.
2. Применение технологии глубокой очистки сточных вод на биофильтрах с чередующимися аноксидными и аэробными зонами с рециркуляцией нитратной воды позволяет достичь высокой степени эффективности очистки и качества очищенной воды до современных нормативов по азоту аммонийному, нитритам, нитратам, БПК.
3. Экспериментально доказана возможность проведения денитрификации на биофильтрах, определены скорости процессов.
4. Предложен расчет зон нитрификации и денитрификации для биофильтров.

Заключение

Результаты экспериментальных и теоретических исследований, приведенные в данной работе, используются в основе разрабатываемой технологии глубокой биологической очистки сточных вод. Применение данной технологии позволяет достичь качества очищенной воды ниже нормативов сброса в водные объекты рыбохозяйственного назначения по соединениям азота и органическим загрязнениям. Приведенные расчеты позволят проектировать новые сооружения и производить реконструкцию существующих.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воронов Ю.В., Залетова Н.А., Чембулатова Г.Ш. Биологические окислители // Вода и экология: проблемы и решения. 2016. № 3. С. 56–66. EDN XEHNED.
2. Поливанова Т.В., Уваркин А.В., Булгакова Е.С. Использование биофильтров для биологической очистки сточных вод // Перспективное развитие науки, техники и технологий. 2014. С. 283–286. EDN SZMISD.
3. Чеснокова М.Г., Комаров В.Ю. Очистка сточных вод с использованием биологических фильтров // Аллея науки. 2018. Т. 3. № 4 (20). С. 428–433. EDN ХОУАЕР.
4. Воронов Ю.В. К вопросу реконструкции биологических окислителей // Вестник МГСУ. 2011. № 8. С. 288–292. EDN PUMQKV.
5. Кулаков А.А. Оценка современного состояния малых коммунальных очистных сооружений канализации // Вода и экология: проблемы и решения. 2015. № 1. С. 26–40.
6. Янцен О.В., Гогина Е.С. Перспективные методы очистки сточных вод в туристических зонах // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2022. № 2 (38). С. 72–80. EDN KVVJJD. DOI: 10.21869/2311-1518-2022-38-2-72-80
7. Вдовина Т.В., Дмитриев А.С., Хасанова А.А., Кириллова Н.И., Кобелева Й.В., Сироткин А.С. Интенсификации процессов нитрификации в биофильтрах с использованием технологии биоаугментации // Актуальная биотехнология. 2019. № 3. С. 550–551. EDN ILMQXU.

8. Саломеев В.П. Глубокая очистка сточных вод в биореакторах с прикрепленной биомассой // Вода Magazine. 2016. № 5 (105). С. 38–43. EDN XHFИHT.
9. Саломеев В.П., Абдуллаев Ф.Ш. Совершенствование процессов глубокой очистки сточных вод на станциях биофильтрации // Естественные и технические науки. 2014. № 7 (75). С. 125–130.
10. Янцен О.В. Исследование гидродинамических характеристик биофильтра для плоскостного загрузочного материала // Вестник МГСУ. 2010. № 2. С. 144–148. EDN MUXQGH.
11. Gogina E.S., Yantsen O.A., Ruzhitskaya O.V. Research of Hydrodynamics of Biofilter with Surface Feed // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vol. 580–583. Pp. 2354–2357. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.580-583.2354. EDN SKIWXD.
12. Янцен О.В., Гогина Е.С. Технология очистки сточных вод от соединений азота на биофильтрах // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 12. С. 60–64. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.12.60-64. EDN BVHEXK.
13. Янцен О.В. Современные решения по реконструкции малых канализационных очистных сооружений: конструкции и расчет // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 9. С. 57–61. DOI: 10.35776/MNP/2019.09.08. EDN WSAORK.
14. Олейник А.Я., Кравчук А.Н., Колтакова О.А. Теоретическое обоснование очистки сточных вод на капельных биофильтрах // Доповіді Національної академії наук України. 2012. № 3. С. 179–184.
15. Мосин О.В. Расчет и проектирование биологических фильтров // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2013. № 7. С. 39–45.
16. Бобылева Т.Н., Шамаев А.С., Янцен О.В. Математическая модель фильтра для водоочистки с использованием биопленок // Сибирский журнал индустриальной математики. 2023. Т. 26. № 2 (94). С. 25–36. DOI: 10.33048/SIBJIM.2023.26.203. EDN XIGNQJ.

Об авторе: **Ольга Викторовна Февральских** — старший преподаватель кафедры строительства систем и сооружений водоснабжения и водоотведения; **Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (МГРИ–РГГРУ)**; 117997, г. Москва, ГСП-7, ул. Миклухо-Маклая, д. 23; e-mail: Yantsenov@bk.ru.

REFERENCES

1. Voronov Yu.V., Zaletova N.A., Chembulatova G.Sh. Biological oxidizers. *Water and ecology: problems and solutions*. 2016; 3:56-66. EDN XEHNED. (rus.).
2. Polivanova T.V., Uvarkin A.V., Bulgakova E.S. Use of biofilters for biological wastewater treatment. *Perspective development of science, technology and technologies*. 2014; 283-286. EDN SZMISD. (rus.).
3. Chesnokova M.G., Komarov V.Yu. Wastewater treatment using biological filters. *Alley of Science*. 2018; 3:4(20):428-433. EDN XOYAEP. (rus.).
4. Voronov Yu.V. On the issue of reconstruction of biological oxidizers. *Bulletin of MGSU*. 2011; 8:288-292. EDN PUMQKV. (rus.).
5. Kulakov A.A. Assessment of the current state of small municipal sewage treatment facilities. *Water and ecology: problems and solutions*. 2015; 1:26-40. (rus.).
6. Yantsen O.V., Gogina E.S. Promising methods of wastewater treatment in tourist areas. *Biospheric compatibility: people, region, technologies*. 2022; 2(38):72-80. EDN KVVJJD. DOI: 10.21869/2311-1518-2022-38-2-72-80 (rus.).
7. Vdovina T.V., Dmitriev A.S., Khasanova A.A., Kirillova N.I., Kobeleva Y.V., Sirotkin A.S. Intensification of nitrification processes in biofilters using bioaugmentation technology. *Current biotechnology*. 2019; 3:550-551. EDN ILMQXU. (rus.).
8. Salomeev V.P. Deep treatment of wastewater in bioreactors with attached biomass. *Water Magazine*. 2016; 5(105):38-43. EDN XHFИHT. (rus.).
9. Salomeev V.P., Abdullaev F.Sh. Improving the processes of deep wastewater treatment at biofiltration stations. *Natural and technical sciences*. 2014; 7(75):125-130. (rus.).
10. Yantsen O.V. Study of the hydrodynamic characteristics of a biofilter for planar loading material. *Vestnik MGSU*. 2010; 2:144-148. EDN MUXQGH. (rus.).
11. Gogina E.S., Yantsen O.A., Ruzhitskaya O.V. Research of Hydrodynamics of Biofilter with Surface Feed Research of Hydrodynamics of Biofilter with Surface Feed. *Applied Mechanics and Materials*. 2014; 580-583:2354-2357. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.580-583.2354. EDN SKIWXD.
12. Yantsen O.V., Gogina E.S. Technology of wastewater treatment from nitrogen compounds in biofilters. *Industrial and civil construction*. 2022; 12:60-64. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.12.60-64. EDN BVHEXK. (rus.).
13. Yantsen O.V. Modern solutions for the reconstruction of small sewerage treatment facilities: designs and calculations. *Water supply and sanitary technology*. 2019; 9:57-61. DOI: 10.35776/MNP/2019.09.08. EDN WSAORK. (rus.).

14. Oleinik A. Ya., Kravchuk A.N., Kolpakova O.A. Theoretical justification for wastewater treatment using drip biofilters. *Adoptions of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2012; 3:179-184.
15. Mosin O.V. Calculation and design of biological filters. *Plumbing, heating, air conditioning*. 2013; 7:39-45. (rus.).
16. Bobyleva T.N., Shamaev A.S., Yantsen O.V. Mathematical model of a filter for water treatment using biofilms. *Siberian Journal of Industrial Mathematics*. 2023; 26:2(94):25-36. DOI: 10.33048/SIBJIM.2023.26.203. EDN XIGNQJ. (rus.).

About the author: **Olga V. Fevralskikh** — Senior Lecturer at the Department of Construction of Water Supply and Sanitation Systems and Facilities; **Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze (MGRI-RGGRU)**; GSP-7, 23 Miklukho-Maklaya st., Moscow, 117997, Russian Federation; e-mail: Yantsenov@bk.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, tg 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.

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 второго 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 второго 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).

Таблица 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).



a



b

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: Алла Русланбековна Табекова
Редактор: Людмила Борисовна Корзухина
Корректор: Оксана Валерьевна Ермихина
Дизайн и верстка: Владимир Викторович Дёмкин

Подписано в печать 24.03.25
Формат 60×84 1/8. Печ. л. 13,49
Тираж 1000 экз.
Заказ № 130.

Отпечатано с готового оригинал-макета