Казанцев П.А., Березина А.А., Болехивская А.Я., Бурдина Д.П., Ван-Хо-Бин Е.А., Марус Я.В. Исследование предпосылок формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды в условиях горного побережья и муссонного климата (на примере г. Владивостока) // Урбанистика. 2024. № 3. С. 28-52. DOI: 10.7256/2310-8673.2024.3.71098 EDN: XFWKSC URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=71098

Исследование предпосылок формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды в условиях горного побережья и муссонного климата (на примере г. Владивостока)

Казанцев Павел Анатольевич, Березина Анастасия Александровна, Болехивская Алена Ярославовна, Бурдина Дарья Павловна, Ван-Хо-Бин Егор Александрович, Марус Яна Викторовна

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
pal-antvlad@yandex.ru

Аннотация.
В современной практике градостроительного планирования устойчивость городов к климатическим изменениям рассматривается как ведущий фактор сохранения привлекательности городской среды для человека и обеспечения высокой динамики развития территорий. Объектом данного исследования является городская среда в совокупности естественных и антропогенных ландшафтов в условиях климатических изменений. Предметом исследования являются особенности влияния характеристик антропогенных и естественных ландшафтов городской территории на устойчивость городской среды к динамике климатических изменений в условиях прибрежных горных районов с умеренно-муссонным климатом. Исследование ограничено районами массовой застройки г. Владивостока, расположенными на п-ве Муравьева-Амурского южнее реки Седанка. Выбор данной территории обусловлен большим разнообразием антропогенных и сохранившихся естественных ландшафтов, типичных для прибрежных городов Приморья. Методика выявления зон климатических рисков в данном исследовании основана на оценке изменений направления и интенсивности действия векторных климатических факторов (ветра и солнечной радиации) низкогорным рельефом и застройкой городской территории. В процессе исследования авторами статьи выявлена специфика формирования и определены основные параметры архитектурно-пространственной модели устойчивой к климатическим изменениям городской среды для условий южного побережья Дальнего Востока. Проведена оценка влияния исходной орографической структуры и динамики лесного покрова южной части п-ва Муравьева-Амурского на формирование зон климатических рисков. Показано, что в результате интенсивного антропогенного освоения мелкосопочного рельефа полуострова к 2030 г. будет сформирована новая топография городских ландшафтов, кардинально изменяющая их микроклимат и возможности его регулирования. Лесной покров в силу завершения его вырубки юго-западнее условной линии, проходящей по трассе Седанка-Патрокл, к 2030 году уже не сможет компенсировать риски, связанные со штормовыми осадками и перегревом в пределах основного пятна застройки г. Владивостока. Районы сложившейся и проектируемой высокоплотной многоэтажной застройки выделены как зоны повышенного климатического риска. В развитие концепции города-биотопа предложена архитектурно-пространственная модель формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды, как единой архитектурно-ландшафтной системы. Компоненты модели различаются по степени

антропогенной плотности ландшафтов и особенностям их ярусной структуры.

Ключевые слова:
изменения климата, климатически устойчивый город, климатическая адаптация города, устойчивый город, экологический урбанизм, биоклиматическая архитектура, подтопление береговой черты, регулирование штормовых осадков, ветровой режим города, инсоляционный режим города

The study of climate resilient urban environment formation background in the conditions of a mountain coast and monsoon climate: the case of Vladivostok.

Kazantsev Pavel Anatolyevich, Berezina Anastasia Aleksandrovna, Bolekhivskaya Alena Yaroslavovna, Burdina Daria Pavlovna, Wang-Ho-Bin Egor Alexandrovich, Marus Yana Viktorovna

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
pal-antvlad@yandex.ru

Abstract. The urban environment of a coastal Far-Eastern city is considered as a set of natural and anthropogenic landscapes in their development and interaction in the conditions of climate change. The methodology for identifying climate risk zones in this study is based on assessing changes in the direction and the vector climate factors action intensity - wind and solar radiation - by low-mountainous terrain and urban development. The main climate risk zones in the considered Vladivostok city territory are: - the slopes of the eastern coast of the Muravyov-Amursky Peninsula exposed to the southeast monsoon, as well as peaks and watersheds throughout the peninsula (wind exposure combined with heavy precipitation); - river valleys oriented to the west and built-up thalwegs (flooding by storm precipitation and excessive insolation heating in hot, muggy weather); - valleys mouth, lowlands and alluvial territories of the peninsula western coast, port facilities and city bays embankments (flooding as a result of a gradual increase in the world sea level). The influence assessment of the Muravyov-Amursky Peninsula southern part forest cover dynamics and initial orographic structure on the climate risk zones formation is provided in the article. It is shown that intensive anthropogenic development of the peninsula hummocky terrain will generate new urban landscapes topography with radically different microclimate and its regulation possibilities by 2030. Areas of existing and planned high-density multi-storey buildings are identified as increased climate risk zones. In the biotope city concept development, an architectural and spatial model of the climate resilient urban environment as a single architectural and landscape system is proposed. The model components differ by the anthropogenic landscapes density degree and their layered structure features.

Keywords:

climate change, climate resilient city, climate adaptation of the city, sustainable city, ecological urbanism, bioclimatic architecture, coastal flooding, storm water management, aeration of the city, solar heating of the city

Введение

Формирование большого Владивостока неизбежно сопровождается освоением естественных ландшафтов, с преобразованием качества их взаимодействия с факторами окружающей среды. Утрата лесного покрова, высотная застройка и планировка территории, расширение улично-дорожной сети и промышленных зон, инженерное обустройство береговой черты кардинально меняют исходный ветровой, инсоляционный и гидрологический режим. Масштабы планируемого освоения побережья Амурского и Уссурийского заливов, прилегающей к ним территории, предлагаемые разработанным мастер-планом Владивостока и другими градостроительными документами (включая планы по развитию территории г. Спутник, г. Артем и ЗАТО Большой Камень) позволяют говорить о кардинальном изменении ландшафтов Южно-Приморской агломерации к 2030 г. В этих условиях важно понять изменение климаторегулирующих свойств вновь формируемых и сохраняемых ландшафтов и их влияние на комфортность городской среды, особенно в связи с наблюдаемой динамикой климата в регионе юга Дальнего Востока.

В современной практике градостроительного планирования устойчивость городов к климатическим изменениям, таким как рост температур, подъем уровня мирового океана, рост интенсивности и продолжительности штормовых осадков, повторяющиеся штормовые ветра, рассматривается как ведущий фактор сохранения привлекательности городской среды для человека и обеспечения высокой динамики развития территорий. Отмечается, что без принятия мер по адаптации эти изменения приведут к наводнениям на суше и побережье, ущербу от штормов, усилению нагрузки на управляемые и природные системы и негативным последствиям для здоровья населения, таким как перегрев во время повышения летних температур. Наряду с социальной и экономической устойчивостью, подчеркивается важность обеспечения пространственной устойчивости городов к климатическим изменениям [1,2]. Градостроительная документация по формированию устойчивой к климатическим изменениям среды разрабатывается или действует более чем в 100 городах мира, в том числе в таких крупных прибрежных мегаполисах, как Нью-Йорк, Бостон, Сиэтл, Мельбурн, Копенгаген, Роттердам. В данном исследовании выделены города тихоокеанского побережья с муссонным или близким к нему климатом и сложным рельефом – Гонконг, Шэньчжэнь, Сямынь, Пусан, Веллингтон, Ванкувер. Ландшафтно-климатические условия городов этой группы позволяют рассматривать их как возможные прототипы для разработки региональной модели устойчивой к климатическим изменениям городской среды.

Объектом данного исследования является городская среда в совокупности естественных и антропогенных ландшафтов в условиях климатических изменений. Предметом исследования - влияние характеристик антропогенных и естественных ландшафтов городской территории на устойчивость городской среды к динамике климатических изменений в условиях прибрежных горных районов с умеренно-муссонным климатом. Границы исследования – территория основного градостроительного пятна г. Владивостока, расположенного на п-ве Муравьева-Амурского южнее реки Седанка. Выбор данной территории обусловлен большим разнообразием антропогенных и сохранившихся естественных ландшафтов, типичных для прибрежных городов Приморья. Цель исследования – выявить специфику формирования и определить основные параметры архитектурно-пространственной модели устойчивой к климатическим изменениям городской среды для условий южного побережья Дальнего Востока.

Основные тенденции изменения климатических условий на юге Дальнего Востока

Глобальное потепление, вызванное деятельностью человека, и связанные с ним климатические изменения очевидны, и научным сообществом практически не оспариваются. В целом достигнуто и общее понимание последствий глобального потепления для юга Дальневосточного региона в части динамики основных климатических показателей. В первую очередь отмечают, что на юге региона сохранится муссонная циркуляция воздушных масс. Устойчивая муссонная циркуляция прослеживается здесь несколько сотен тысяч лет, с переменным усилением воздействия континентальных или океанических воздушных масс соответственно в холодные и теплые климатические эпохи [3]. Несмотря на рост температур, это дает основания считать необходимыми компонентами формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды регулирование ветрового и инсоляционного режима зимнего периода. Сохранится также преобладающие сегодня в районе Владивостока северное-северо-западное и юго-восточное направления континентальных и морских ветров.

Динамика климата отразится на росте продолжительности перегревных условий, режиме атмосферных осадков и росте уровня Японского моря. Если тенденция к климатическому потеплению сохранится, следует ожидать повышение среднегодовой температуры воздуха на 2,5 - 3,0°С [4, 5]. В сочетании с характерной для морского побережья высокой влажностью воздуха и летним инсоляционным прогревом, следует ожидать значительного роста продолжительности дискомфортных жарких душных погод [6]. Для сохранения комфорта городской среды данный фактор становится равнозначным ранее преобладавшему дискомфортному сочетанию зимнего муссона и низких температур [7]. В последние десятилетие в сравнении с предыдущим на юге Дальнего Востока зафиксировано увеличение количества летних осадков [8]. Обобщенный прогноз динамики осадков показывает возможное увеличение их количества к концу столетия в два раза, при двухкратном росте интенсивности выпадающих дождей [9]. Учитывая характерные для города крутые небольшой глубины склоны сопок, следует ожидать роста числа случаев подтопления городских низин. В их низменных устьях повторяющиеся последствия штормовых осадков наложатся на подтопление территории вследствие постепенного подъема уровня мирового океана до 2 м. к концу столетия, прогнозируемого в связи с ускорением таяния шельфовых ледников Антарктиды (экстремальные прогнозы до 4 - 5 м.) [10,11].

Состояние проблемы учета динамики климатических изменений при формировании городской среды в районах со сходными ландшафтно-климатическими условиями

В горных районах тихоокеанского побережья с муссонным или близким к нему климатом биоклиматический комфорт городской среды в первую очередь определяет орографический рисунок территории и степень его антропогенной трансформации. Дополнительными факторами изменения инсоляционного прогрева, гидрологического и влажностного режима, аэрационных качеств территории выступают свойства формирующих городские ландшафты поверхностей и их растительный покров. При разработке моделей климатически устойчивой городской среды выделенные характеристики городских ландшафтов оцениваются по степени их влияния на факторы окружающей среды, с целью выявить территориальное распределение рисков климатических изменений.

В рассмотренных городах тихоокеанского побережья (Гонконг, Шэньчжэнь, Сямынь, Пусан, Веллингтон, Ванкувер) оценка проводилась по следующим основным направлениям: - выявление границ сохранившегося естественного лесного покрова, как правило привязанного к вершинам, водоразделам и верхним отметкам склонов гор, как фактора, влияющего на снижение перегрева и регулирование штормового стока (Гонконг, Шеньчжень)[12,13]; - выявление территорий, доступных для расширение полога городских лесов с целью увеличения возможностей естественного охлаждения (Ванкувер, Веллингтон) [14,15]; - выявление сформированных естественным рельефом местности ветровых коридоров и последующая оценка изменения их проницаемости для летнего ветра при формировании застройки разной этажности, как фактора, влияющего на аэрацию территории (Гонконг, Шеньчжень) [16,17,22]; - оценка неравномерности выпадения атмосферных осадков в горных районах при удалении от побережья с целью выявление территорий с высоким риском сильных осадков (Пусан, Сямынь) [18,19]; - анализ состояния речной сети, выявление сети поверхностных водотоков и подтопляемых штормовыми осадками территорий (Гонконг, Сямынь, Веллингтон) [12,13,15]; - выявление низменных зон городской береговой черты подверженных затоплению в условиях роста уровня мирового океана и штормового нагона (Гонконг, Шеньчжень, Пусан, Ванкувер, Веллингтон) [20,21,22]; - выявлении территориального распределения градаций плотности антропогенных ландшафтов, как фактора, влияющего на перегрев и перераспределение штормового стока (Гонконг, Шеньчжень, Пусан, Сямынь) [22,23].

План климатической адаптации Сямыня разрабатывался как базовая модель внедрения технологии города-губки в Китае, поэтому основное внимание в нем было уделено оценке устойчивости городской территории к наводнениям при среднегодовом и штормовом распределении осадков. Регулирование штормовых осадков также рассматривается как ключевой элемент климатической адаптации в Ванкувере и Веллингтоне. Вследствие преобладания умеренно-комфортных зимних погод для данных городов проблема ветрозащиты в зимний период не рассматривалась, а оценка аэрационных качеств застройки была ориентирована на летний ветровой режим. При оценке влияния топографии городской территории на климатические риски также учитывался температурный градиент в связи с изменением высотности городских холмов [22]. В силу более низких высот рельефа Владивостока высотный температурный градиент на его территории не носит такого явного характера [24]. Выявление и консервация лесных массивов, покрывающих вершины и водоразделы городских холмов прибрежных мегаполисов Китая восходит к традиционной практике фен-шуй, сформировавшейся в условиях антропогенного освоения горных муссонных ландшафтов [25]. Динамика формирования новых лесных массивов в городе может быть довольно значительна, например к 2050 г. в Ванкувере планируется увеличение полога городских лесов на 30% [14]. В программе климатической адаптации Веллингтона наряду с увеличением растительного покрова и инженерного регулирования побережья прописывается «отступление» из уязвимых городских районов [15]. По результатам оценки климатических рисков в каждом из рассматриваемых городов были разработаны приемы по архитектурно-пространственной адаптации городской среды к увеличению осадков, повышению уровня моря и повышению температуры воздуха (Рис. 1).

Методика оценки биоклиматического комфорта территории при прогнозировании влияния климатических изменений на городскую среду

Методика выявления зон климатических рисков в данном исследовании основана на оценке изменений направления и интенсивности действия векторных климатических факторов – ветра и солнечной радиации – низкогорным рельефом и застройкой городской территории [26]. В силу резкого климатического контраста сторон горизонта в горных прибрежных районах с умеренно-муссонным климатом именно изменение характеристик ветрового и инсоляционного режима существенно корректирует остальные метеопараметры – режим выпадения осадков, температуру и влажность воздуха, степень увлажнения и температуру земной поверхности. В результате тепловые контрасты на сравнительно небольших по площади территориях между затененными и инсолируемыми склонами, продуваемыми вершинами и укрытыми от ветра долинами могут быть равнозначны тепловым контрастам между умеренной и полярной климатическими зонами [7,25]. Поэтому данные о территориальном распределении характеристик ветрового и инсоляционного режима позволяют оценить возможные риски, связанные с динамикой климата, и выявить ресурсы их коррекции. Оценка подтопляемости прибрежной морской территории в данном исследовании основана на прогнозируемой динамике подъема уровня вод мирового океана. Наветренное юго-восточному муссону побережье Уссурийского залива выходит к морю высоким обрывистым берегом, и для такого ландшафта влияние штормового нагона сравнительно невелико.

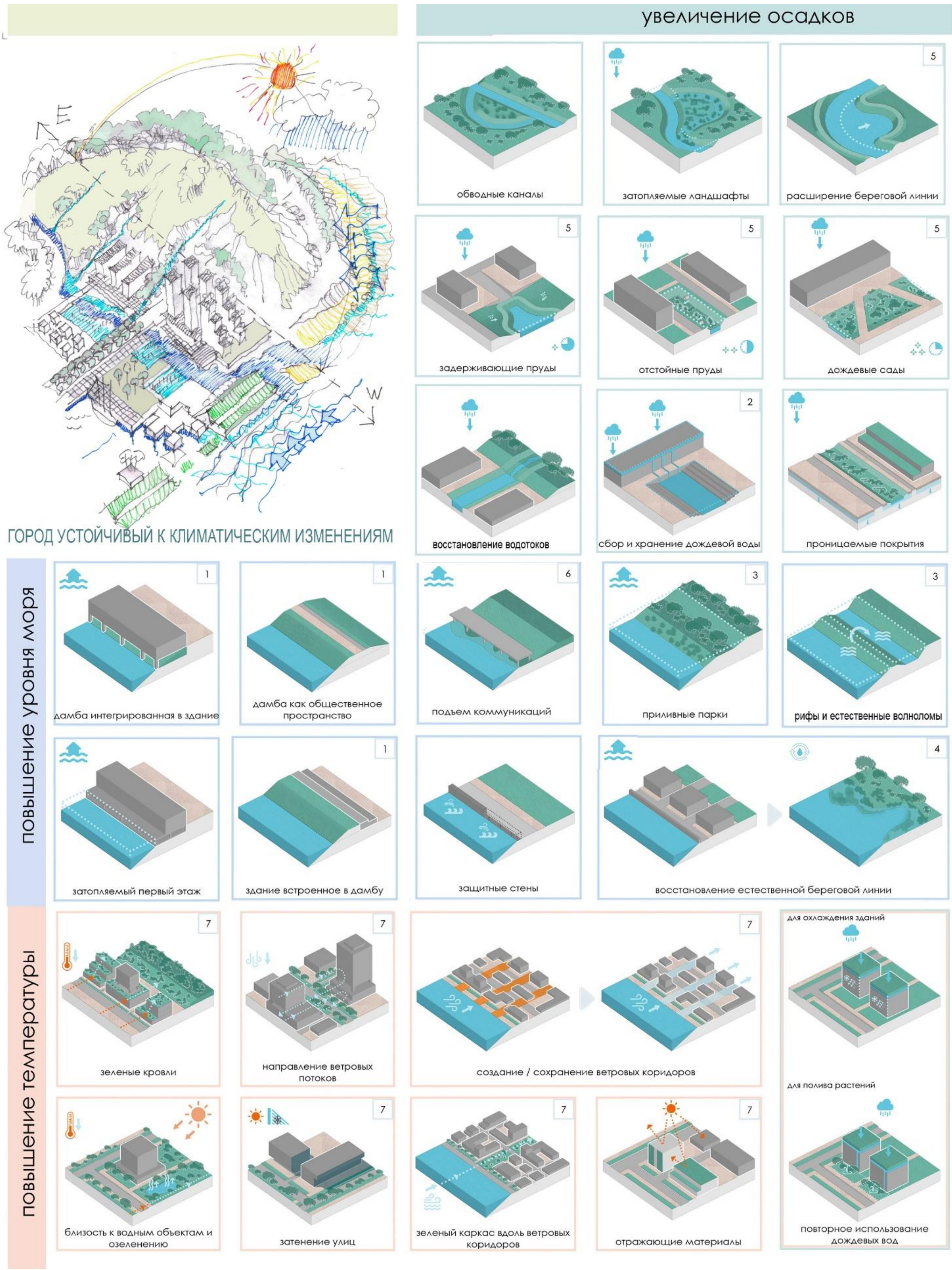

Рис.1. Приемы архитектурно-пространственной адаптации городской среды к изменению климата (графика Болехивская А.Я., Казанцев П.А.)

Fig. 1. Urban environment architectural and spatial climate change adaptation practices (graphics by Bolekhivskaya A.Ya., Kazantsev P.A.)

Исходными материалами для анализа являлись карты районирования территории г. Владивостока по годовому ходу ветрового и инсоляционного режима, выполненные в рамках исследования биоклиматического комфорта южной части п-ва Муравьева-Амурского [27,28], материалы действующего Генерального плана города [29] и разрабатываемого мастер-плана г. Владивостока [30]. В статье приведена итоговая карта биоклиматического комфорта ландшафтов Владивостока, суммирующая результаты оценки взаимодействия векторных климатических факторов и исходной топографии города, без учета ее антропогенного изменения (Рис.2.а.). Моделирование микроклимата территории г. Владивостока выполнялось для преобладающих муссонных ветров северо-западного и юго-восточного направлений, с учетом динамики инсоляции рельефа в зимний и летний период, в характерные дни наиболее морозного и наиболее теплого месяцев - 20 января и 20 июля. Схема мастер-плана Владивостока показывает основные направления территориального развития города до 2030 года, выявляя новые районы формируемых антропогенных ландшафтов (Рис.2.б.)

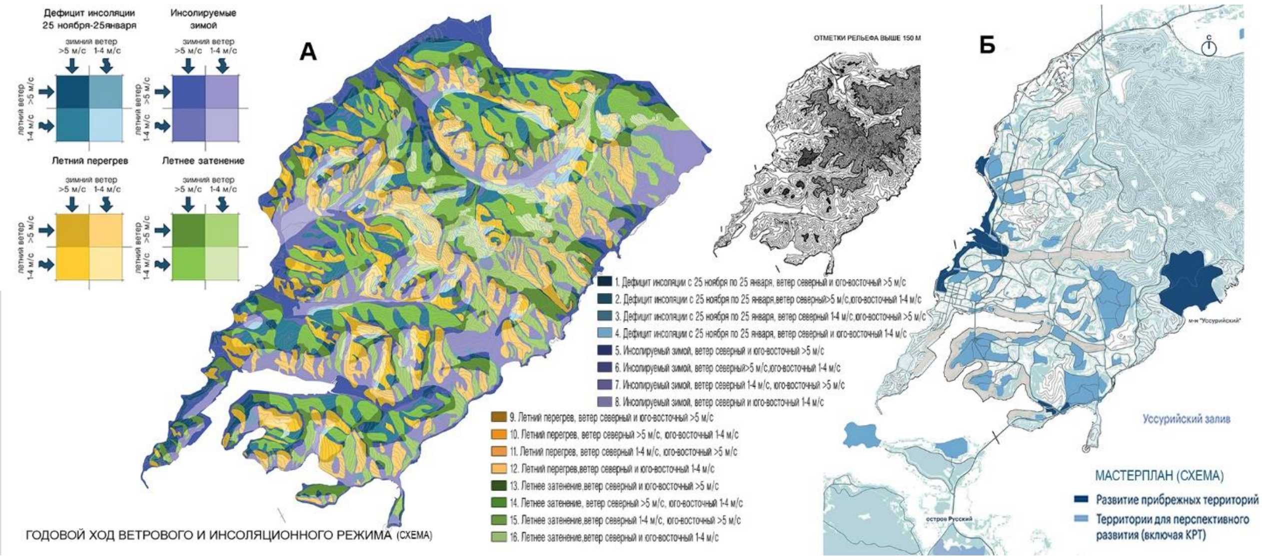

Рис.2. Карта оценки биоклиматического комфорта территории г. Владивостока (А); схема основных территорий развития по мастер-плану г. Владивостока (Б) (здесь и далее графика Казанцев П.А., Ван-Хо-Бин Е.А., Марус Я.В.)

Fig. 2. Vladivostok city area bioclimatic comfort assessment map (A); key development areas diagram (according to Vladivostok city master plan) (B) (hereinafter graphics by Kazantsev P.A., Van-Kho-Bin E.A., Marus Y.V.)

Влияние орографической структуры южной части п-ва Муравьева-Амурского на границы зон климатических рисков

Для выявления общей картины распределения зон климатических рисков на территории г. Владивостока на начальной стадии исследования оценка влияния орографической структуры южной части п-ва Муравьева-Амурского на формирование биоклиматического комфорта была проведена без учета антропогенной составляющей городских ландшафтов. Картографирование территории проводилось для исходного рельефа, на основе выполненной ранее оценки годового хода ветрового и инсоляционного режима п-ва Муравьева-Амурского южнее реки Седанка в рамках разработки объемно-планировочного регламента г. Владивостока (2016 и 2023 гг.), и оценки биоклиматического комфорта основного градостроительного пятна Владивостока и его островных территорий (2006 г.). [26].

Были выполнена дифференциация территории города по воздействию следующих климатических факторов: – Ветровое воздействие в зимний период, оценивалось как дополнительный охлаждающий фактор в условиях низких температур (наблюдаемая и сегодня продолжительность периода со скоростью ветра выше 4 м/с при температуре ниже -5ºC в 70-90 дней позволяет судить о необходимости учета дискомфортного охлаждающего воздействия северного муссона в ближайшем будущем) (Рис. 3). Дополнительно на городской территории были выделены зоны, благоприятные для использования инсоляционных ресурсов в холодный сезон (Рис.4). - Летний инсоляционный перегрев городских ландшафтов при движении солнца в южном, юго-западном и западном секторе небосвода, в наложении на штилевые зоны при юго-восточном направлении ветра, оценивался как доминирующий в будущем фактор в связи с наблюдаемой динамикой температур (Рис. 5). - Штормовое ветровое воздействие в летний период, несмотря на кратковременность воздействия оценивалось как особо неблагоприятный фактор, связанный с сочетанием роста интенсивности осадков при одновременном росте ветрового напора летнего муссонного ветра (сочетание сильных муссонных ветров и дождей, с изменением скорости ветра рельефом ведет к неравномерности выпадения осадков и формирования штормовых стоков на территории города) (Рис. 6). При оценке угрозы подтопления низменных территорий были выделены ландшафты морского побережья с отметками ниже 2 и 5 метров, и устья городских оврагов и долин, подтапливаемые дождевыми штормовыми стоками.

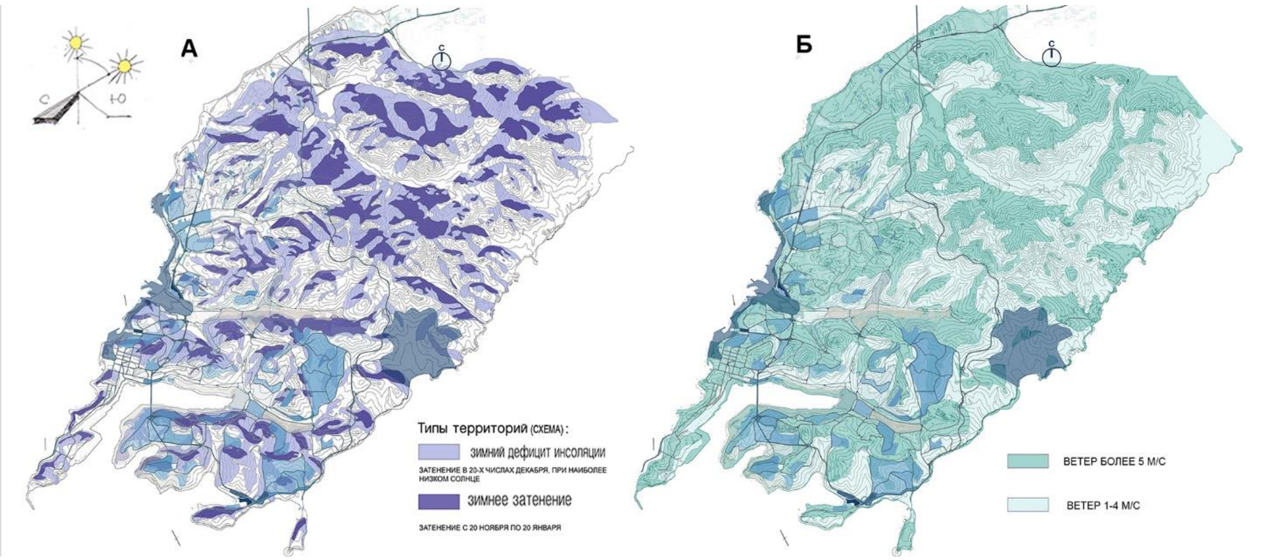

Рис.3. Оценка распределения зон зимнего инсоляционного (А) и ветрового (Б) дискомфорта

Fig. 3. Winter insolation (A) and wind (B) discomfort areas distribution assessment

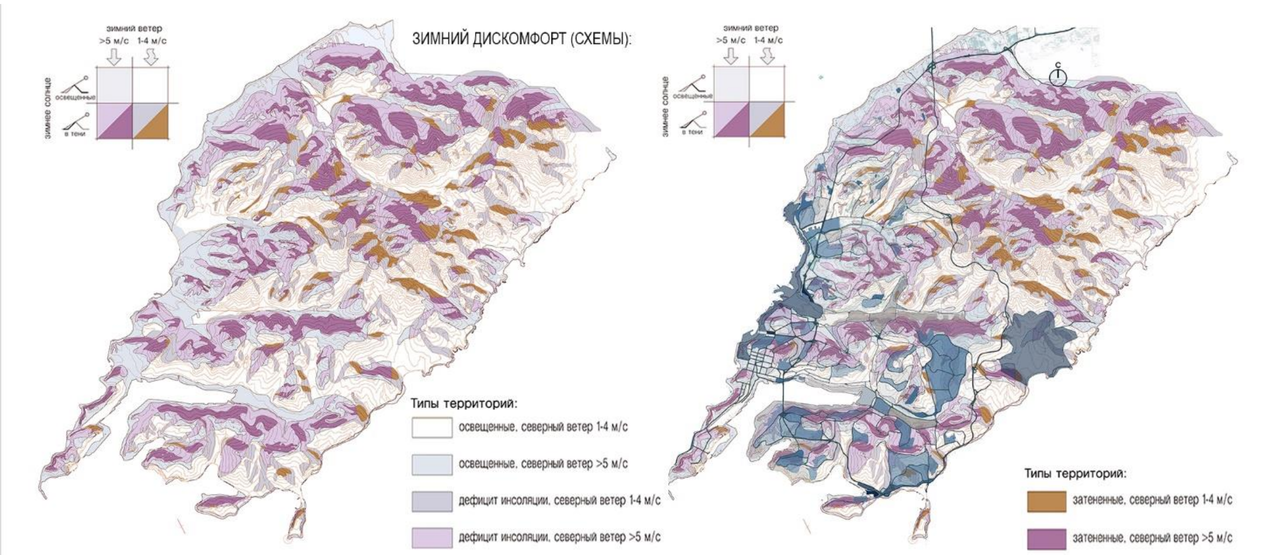

Рис.4. Комплексная оценка зимнего дискомфорта на территории основного градостроительного пятна города.

Fig. 4. Comprehensive assessment of winter discomfort within the city’s main urban planning area.

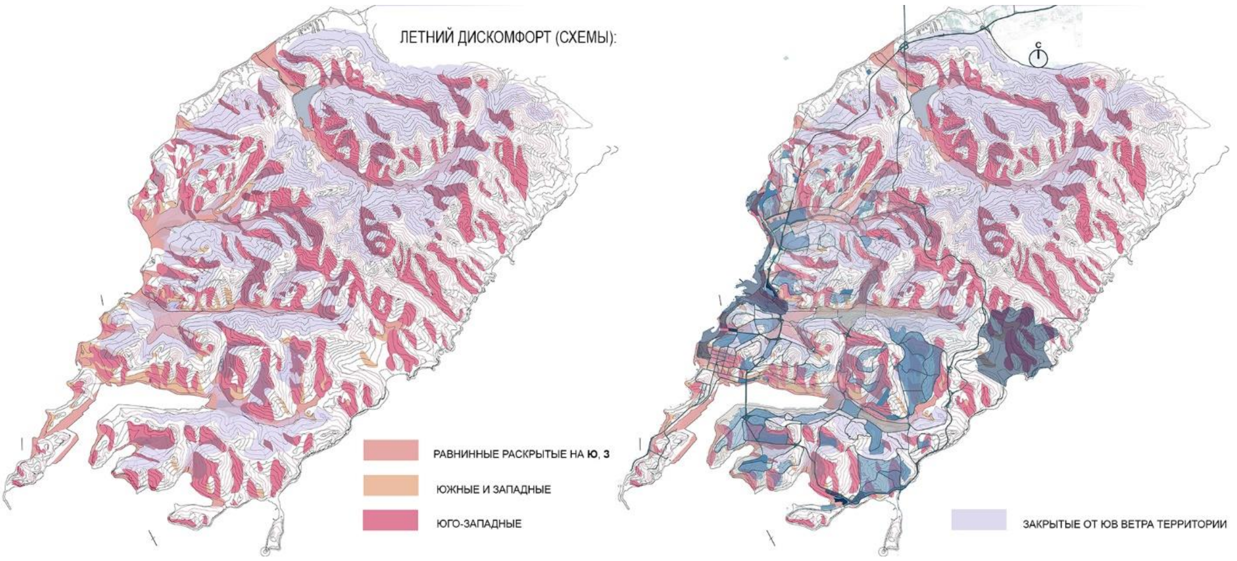

Рис.5. Территории с летним инсоляционным дискомфортом и штилевые зоны (южные, юго-западные и западные склоны и равнины, и формы рельефа, закрытые от летнего муссонного ветра)

Fig.5. Territories with summer insolation discomfort and calm zones (southern, southwestern and western slopes and plains, and landforms protected from the summer monsoon wind)

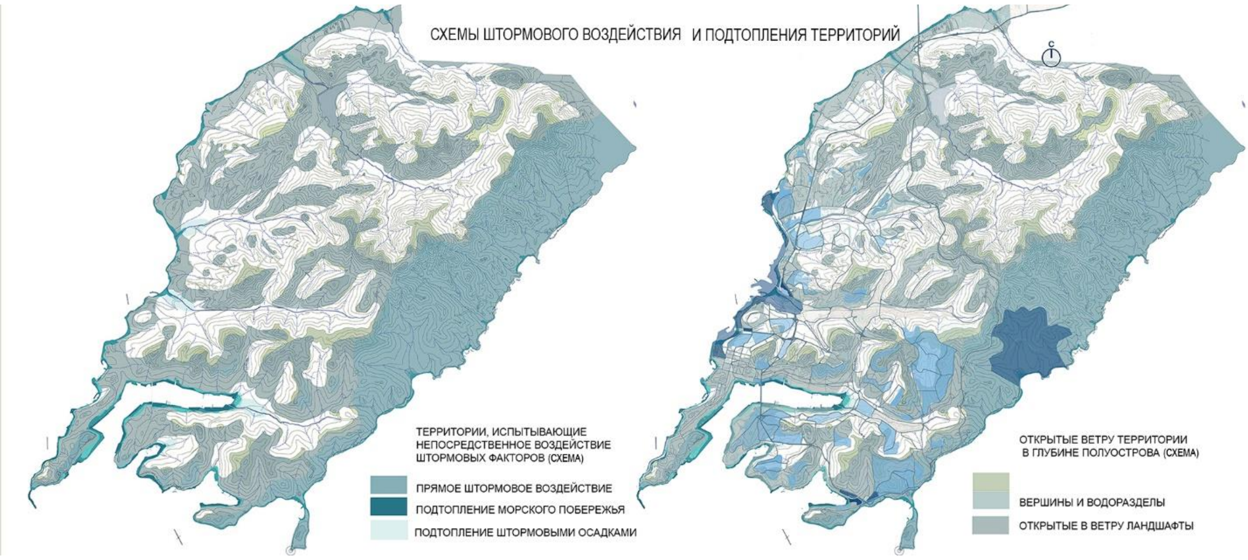

Рис.6. Территории с воздействием штормовых погод, включая сочетание высокой скорости юго-восточного ветра с атмосферными осадками, подтопление штормовыми осадками низин, а также зона подтопления при подъеме уровня мирового океана на 2 и 5 м.

Fig.6. Territories exposed to stormy weather, including a combination of high speed south-east winds with precipitation, flooding of lowlands with storm precipitation, as well as a flooding zone when the world sea level rises by 2 and 5 m.

Последующее сравнение границ территорий перспективного развития города до 2030 г. [30], с выявленным распределением зон климатических рисков показало, что: - Основной массив территорий перспективного развития жилой застройки приходится на летнюю штормовую зону со стороны Уссурийского залива. Одновременно эти территории хорошо проветриваются в летний перегрев, в силу небольшой глубины и значительной крутизны склонов быстро сбрасывают штормовые осадки в морскую акваторию, закрыты от зимних ветров и обладают хорошими инсоляционными ресурсами в холодный сезон; - На территорию с летним инсоляционным дискомфортом приходится планируемая общественно-деловая и жилая застройка вдоль берега Амурского залива и в устье долин Первой и Второй речек, в Куперовой пади. Непосредственно в прибрежной зоне инсоляционный перегрев этой территории компенсируется проветриванием, но при продвижении от моря вдоль речных долин застройка распространяется на летние штилевые зоны; - Эти же расположенные вдоль берега площадки открыты зимним муссонным ветрам, а в устьях долин находятся в зоне подтопления при выпадении штормовых осадков и разливе городских рек. А в силу более пологого рельефа и большей площади водосбора устья долин, выходящих к Амурскому заливу, могут быть подвержены более длительному подтоплению в сезон дождей; - Зона подтопления с учетом подъема уровня мирового океана кроме устьев речных долин, где глубина проникновения морской воды может быть довольно значительна, угрожает только узкой полосе портовых сооружений и набережных, но это наиболее ценный ресурс развития города.

Динамика лесного покрова и его возможное использование как средства коррекции климатических изменений

Роль растительного покрова в горных районах с муссонным климатом в формировании теплового комфорта и стабильного гидрологического режима была хорошо известна в Восточной Азии тысячи лет назад и зафиксирована в канонах фен-шуй. Лесной массив на вершинах и водоразделах защищает от ветра, снижает перегрев, регулирует сбор и распределение штормовых осадков, поддерживает водность речной сети в сухой сезон [24]. Поэтому сравнение лесного покрова вторичных лесов, сохранявшегося на городских холмах в первые годы строительства «Большого Владивостока» с лесным покровом города 2013 г. (по итогам завершения строительной программы форума АТЭС-2012), и с его возможным изменением к 2030 г. (по итогам реализации мастер-плана г. Владивостока 2023 г.) может дать более полное представление о динамике климатической устойчивости городских ландшафтов.

Оценка лесного покрова в первые годы строительства «Большого Владивостока» была проведена на основе данных аэрофотосъемки 1965 г. [31]. В значительной степени лесной покров сохранялся на территориях, подверженных штормовому воздействию и, следовательно, продолжал играть важную роль в снижении скорости ЮВ ветра, регулировал выпадение атмосферных осадков, обеспечивал снижение интенсивности штормовых паводков. В первую очередь это были лесные массивы, покрывавшие вершины, водоразделы и склоны хребта Богатая грива, выходящие к Уссурийскому заливу. В то же время значительная часть территории долин и склонов южной, юго-западной и западной ориентаций южной части п-ва Муравьева-Амурского к этому времени уже была лишена лесного покрова и застроена, поэтому лесной покров на рассматриваемой территории к 1965 году уже не мог оказать заметного влияния на снижение инсоляционного перегрева (Рис.7.).

Лесной покров территории к 2013 г. был существенно изменен массовой секционной застройкой 1970-80-х годов, и строительной программой форума АТЭС 2010 - 12 гг. К этому времени практически полностью был утерян лесной покров на территориях с инсоляционным перегревом и штилевыми зонами, и, можно констатировать, что на территории города какая-либо заметная роль естественных лесных массивов в смягчении летнего теплового дискомфорта была утрачена. Но еще сохранялись лесные массивы – регуляторы атмосферных осадков и штормовых стоков на вершинах и водоразделах в верховьях городских рек Объяснения, Первой и Второй речек, в наветренной летнему муссону части п-ва Муравьева-Амурского (Рис.8.).

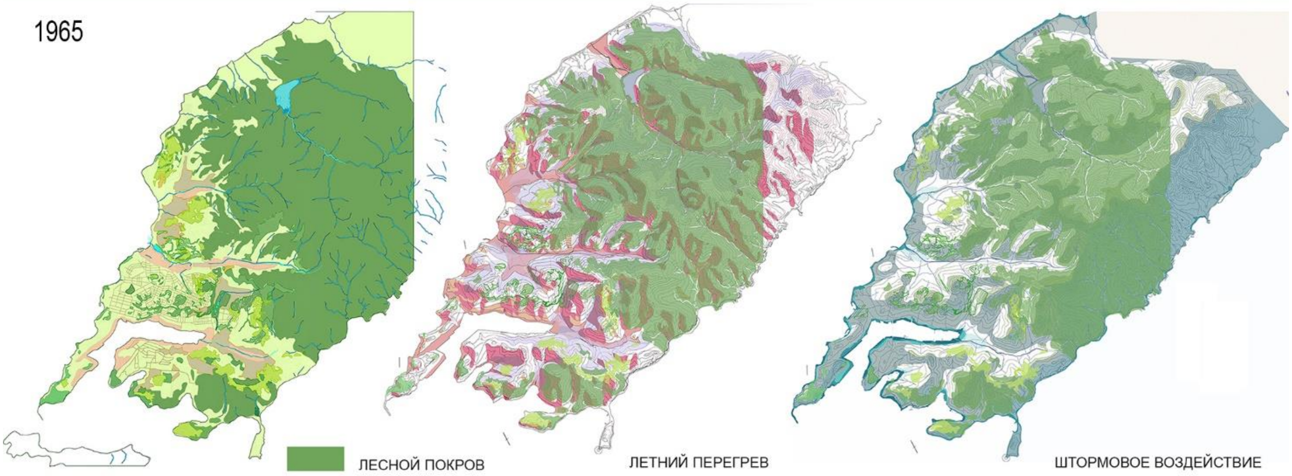

Рис.7. Сравнение границ лесного покрова с территориями с максимальным инсоляционным прогревом и застоем воздуха в жаркие влажные погоды, и с территориями интенсивного воздействия штормовых погод по состоянию на 1965 г.
Fig. 7. Forest cover boundaries compared to areas with maximum insolation heating and air stagnation in hot, humid weather, and with areas of intense exposure to stormy weather as of 1965.

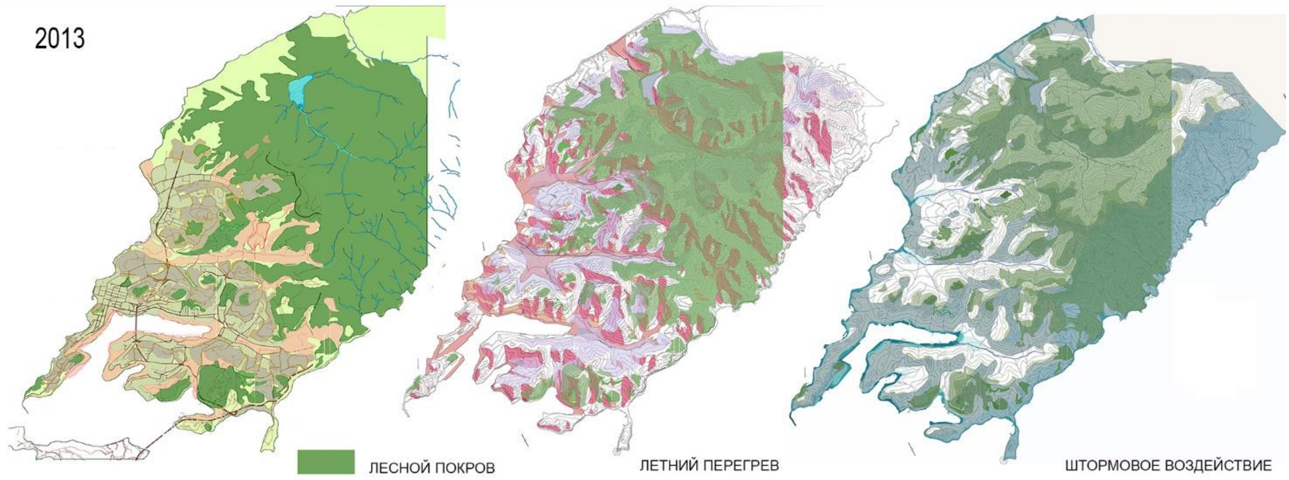

Рис.8. Сравнение зон перегрева и штормового дискомфорта с границами лесного покрова по состоянию на 2013 г.
Fig. 8. Overheating and storm discomfort areas compared to the boundaries of forest cover as of 2013.

Лесной покров к 2030 году оценивался в соответствии с границами территорий перспективного освоения г. Владивостока к 2030 г. К этому времени полностью исчезнут лесные массивы в граница водосборного бассейна р. Объяснения, останется незначительный лесной покров в верховьях Первой и Второй речек, после строительства района Уссурийский значительно сократится лесной покров наветренных штормовым ветрам склонов, выходящих к Уссурийскому заливу. Защитный эффект штормового регулирования лесных массивов для основного градостроительного пятна г. Владивостока будет практически полностью утрачен. При оценке теплового дискомфорта также видно, что те же речные долины, для которых характерен застой воздуха в жаркие влажные погоды, полностью утрачивают лесной покров, и его компенсационное влияние на температурно-влажностной режим рассматриваемых территорий (Рис.9.). Формировавшиеся на протяжении тысяч лет и обладающие значительным запасом устойчивости и более разнообразными вариантами адаптации к климатическим изменениям естественные ландшафты за короткий период сменились антропогенными, требующими специальной проработки пространственных решений по их адаптации к наблюдаемой динамике климата.

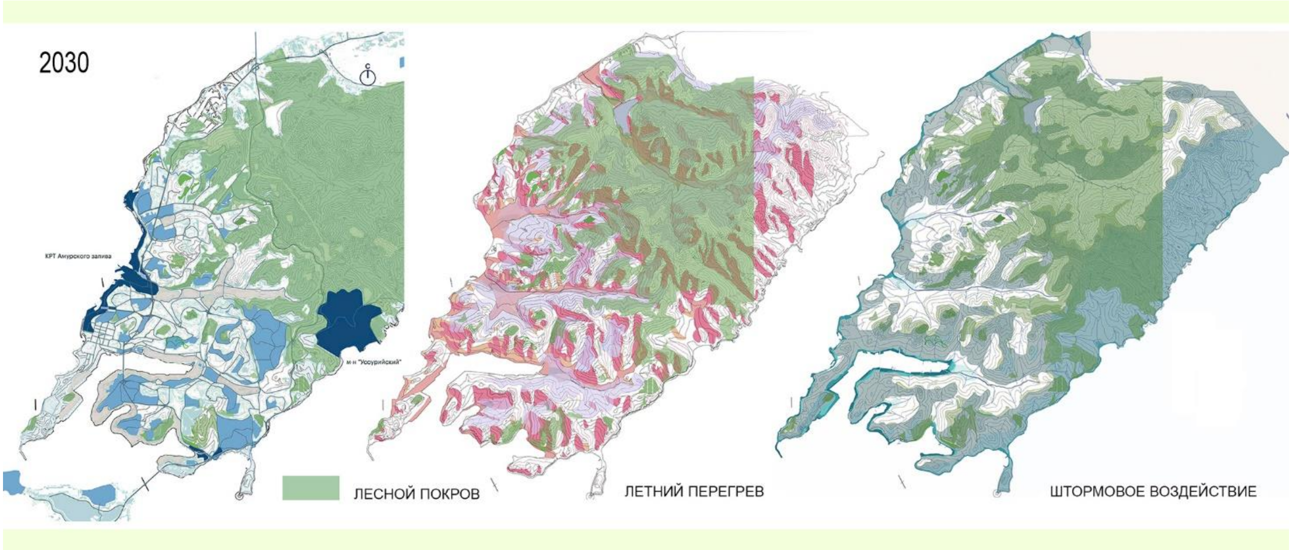

Рис.9. Сравнение зон перегрева и штормового дискомфорта с границами лесного покрова по состоянию на 2030 г.
Fig. 9. Hot areas and storm discomfort areas compared to forest cover boundaries as of 2030.

Влияние антропогенных ландшафтов на динамику климатических изменений

Градостроительное освоение мелкосопочного рельефа со временем кардинально меняет его пространственные характеристики и формирует новую топографию Владивостока (рис. 10). Панорамы застройки центральной части города в 1 -3 этажа конца XIX в. и панорама центральной части города начала 80-х годов XX в. показывают, что при основной массе застройки до 5 этажей с включением отдельных 9-12 этажных точечных зданий сложно-расчлененный низковысотный рельеф полуострова сохраняет доминирующий над городской застройкой характер. Но с начала 80-х годов, при переходе к массовой застройке сопок секционными домами в 9 этажей и, как видно на панораме центральной части города 2024 г., особенно с появлением в долинах и на водоразделах сопок 20 – 25-этажных высотных зданий застройка подчиняет исходный рельеф амфитеатра бухты Золотой рог. Пространственные характеристики «водоразделов» линейной секционной и «вершин» высотной точечной застройки, формируемые при размещении зданий откосы и подпорные стены сопоставимы с пространственными характеристиками форм исходного природного рельефа. Топография многоэтажной городской застройки становится активным фактором изменения ветрового, инсоляционного и гидрологического режима антропогенных ландшафтов Владивостока в его современных и планируемых границах.

Для оценки динамики микроклимата в процессе градостроительного освоения был выбран участок, расположенный на полуострове Шкота, в границах улиц Верхнепортовая и Лейтенанта Шмидта. Вытянутую с севера на юг гряду мелкосопочного рельефа полуострова, окруженную с трех сторон морем и открытую муссонным ветрам можно считать эталонной территорией при анализе ландшафтно-климатических условий Владивостока. На основе картографирования территории города второй половины XIX в. [33] была выполнена реконструкция микроклиматических характеристик участка в доурбанистический период, и последующая оценка их современного состояния. Как показало компьютерное моделирование пространственные характеристики исходного мелкосопочного рельефа, сглаженного выветриванием и покрытого лесным массивом, способствовали равномерному перераспределению ветрового и инсоляционного режима, с образованием значительных по территории и четко привязанных к экспозиции склонов пятен микроклиматических зон (Рис.11). Напротив, микроклимат современных антропогенных ландшафтов, включающих квартальную и строчную 4 -7 этажную застройку, и группу точечных 18-ти этажных зданий носит мозаичный характер (Рис.12). Характерные для северных склонов продуваемые континентальным муссоном и испытывающие дефицит инсоляции зимой «пятна» распространяются на южные склоны, ранее закрытые от зимнего дискомфорта. Зоны зимнего комфорта появляются на северных склонах у южных фасадов линейных зданий, штормовые ветра юго-восточного направления и косые дожди становятся характерными для ранее укрытых от ветра территорий, и т.д. Происходит фрагментация и сокращение площади микроклиматических зон. В целом, климатический контраст внутри ранее однородных зон повышается, возрастет их мозаичность, а контраст годового хода ветрового и инсоляционного режима между разнородными участками рельефа выравнивается. Эта тенденцию отображает изменение границ распространения и площади ареалов растительных систем (Рис. 13).

Рис.10. Динамика изменения пространственных характеристик городских ландшафтов в процессе их антропогенного освоения: Естественные ландшафты южного побережья о. Русский, Владивосток, и панорамы северного берега бухты Золотой рог (центральная часть города) на рубеже XIX–XX вв. [32], в конце XX в. и в 2024 г. (графика Павел Казанцев)
Fig. 10. Urban landscapes spatial characteristics dynamics in the process of their anthropogenic development: Natural landscapes of the southern coast of the island. Russky, Vladivostok, and panoramas of the northern shore of the Golden Horn Bay (the central part of the city) at the turn of the 19th–20th centuries. [32], at the end of the 20th century and in 2024 (graphics by Pavel Kazantsev)

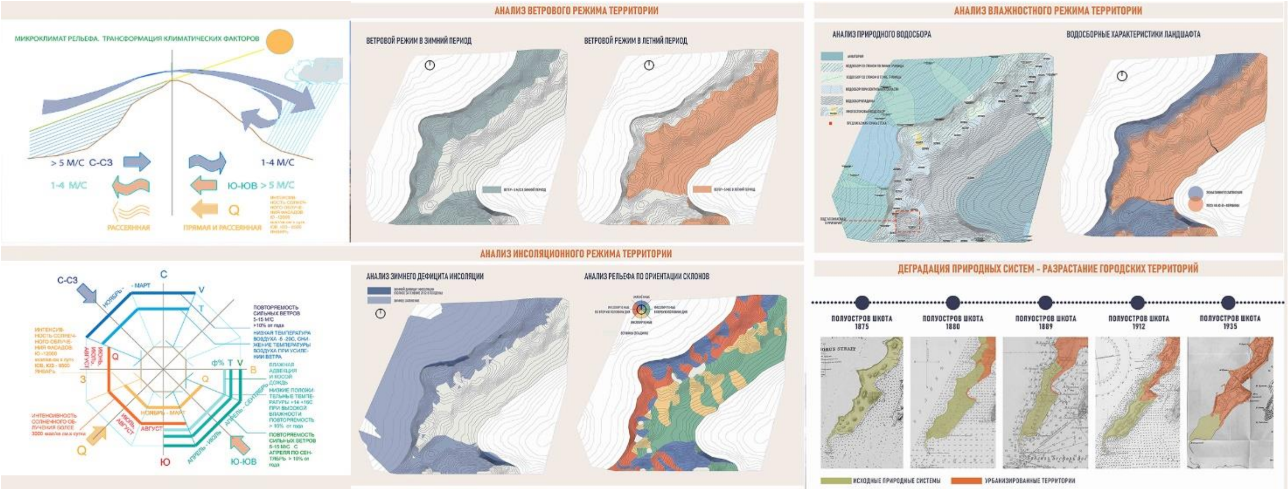

Рис.11. Микроклимат естественных ландшафтов (Рис.11 – 13 графика Березина А.А.)
Fig. 11. Natural landscapes microclimate (Fig. 11 -13 graphics by Berezina A.A.)

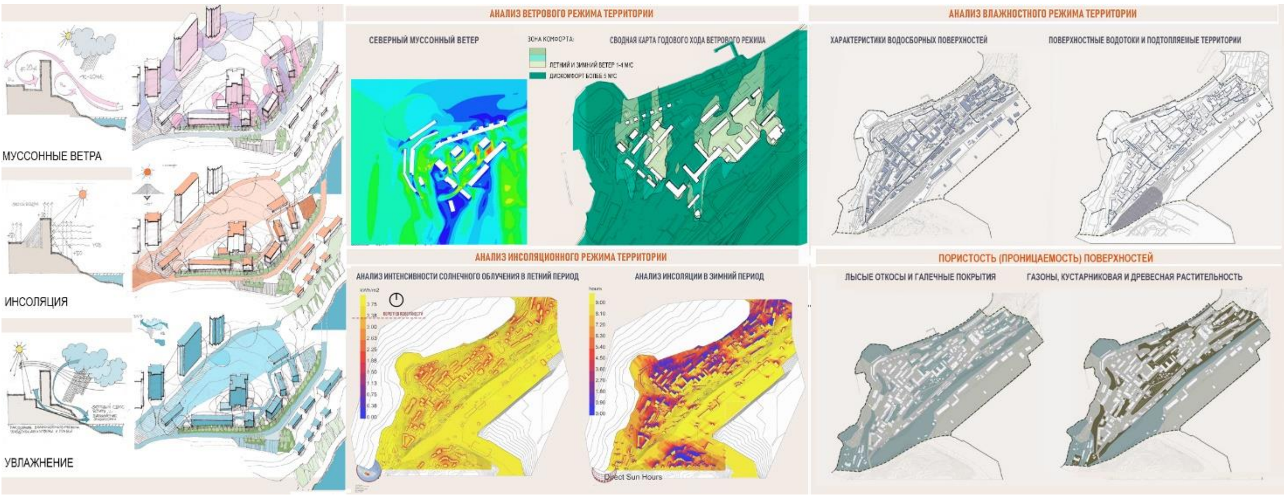

Рис.12. Микроклимат антропогенных ландшафтов
Fig. 12. Anthropogenic landscapes microclimate

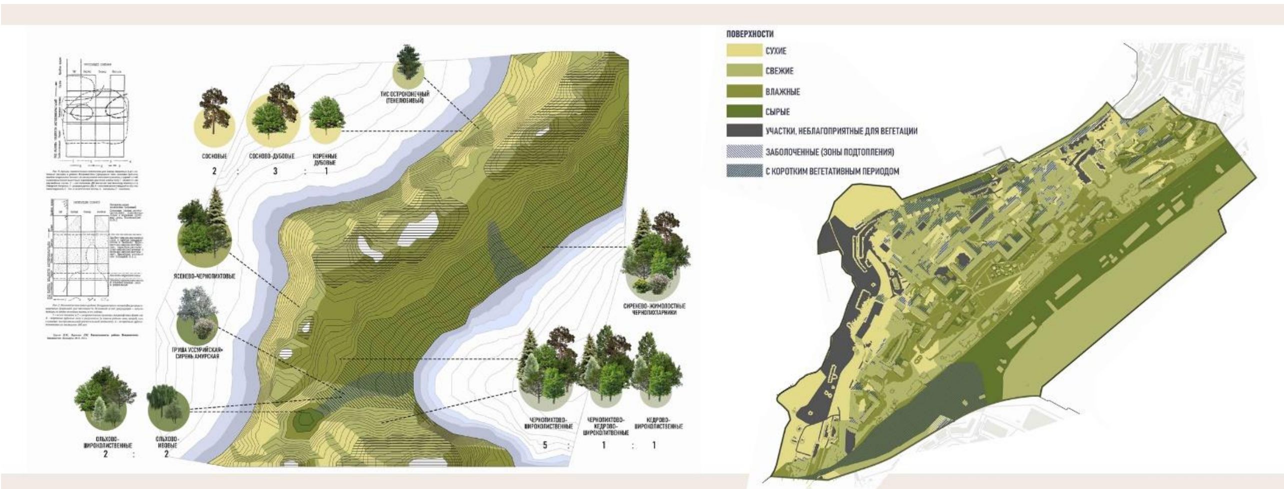

Рис.13. Изменение распространения ареалов растительных систем
Fig. 13. Plant systems distribution changes

Изменение площади и границ микроклиматических зон будет зависеть от типов застройки исходного рельефа. Характерная для начального этапа градостроительного освоения ландшафтов п-ва Муравьева-Амурского застройка низкой и средней этажности находится в зоне высотности вторичных лиственных лесов полуострова и преимущественно дополняет природную топографию городских холмов, многоэтажная застройка в 9 и более этажей преобразует климаторегулирующие свойства низкогорного рельефа (рис.14).

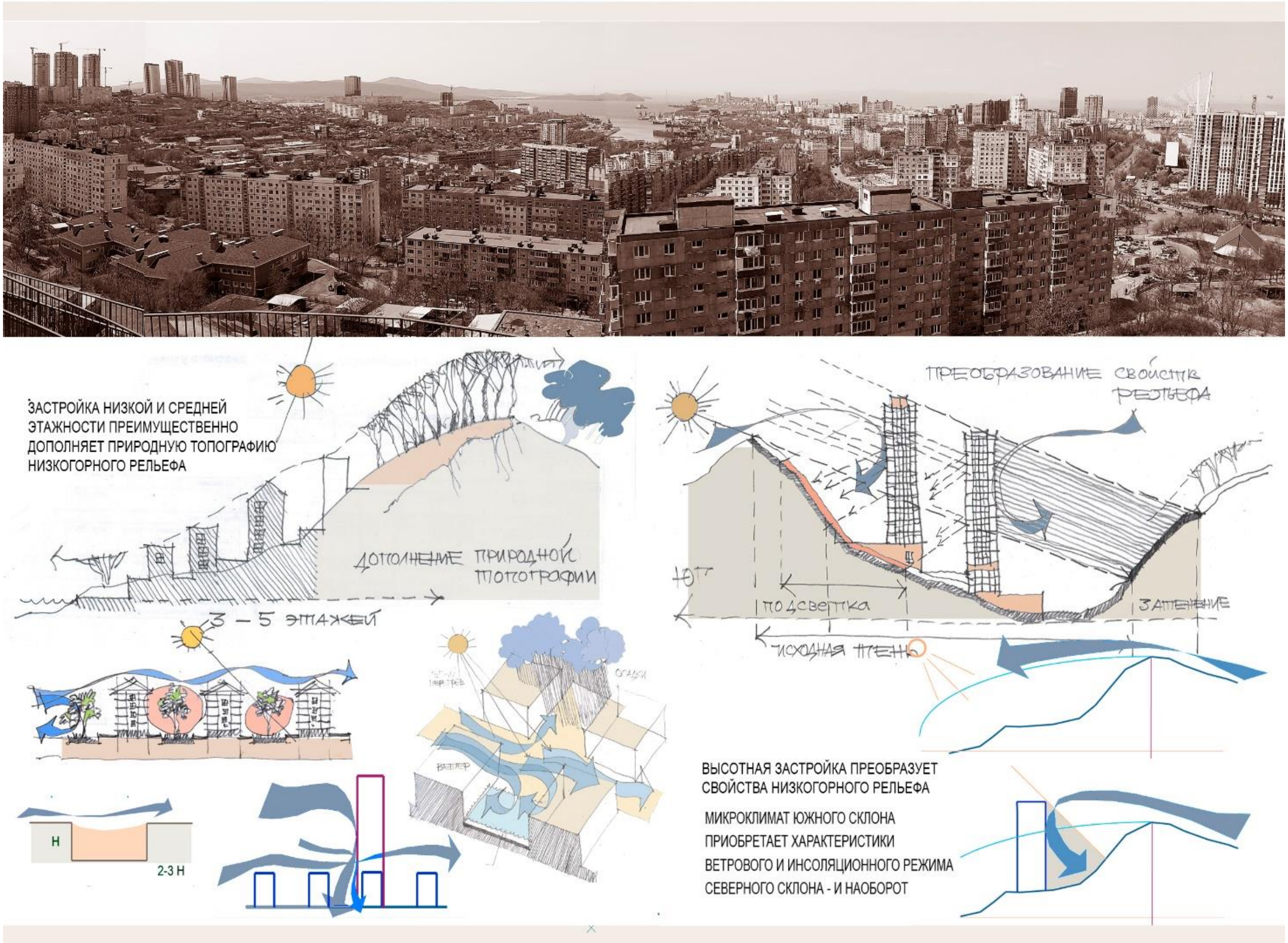

Рис.14. Панорама амфитеатра бухты Диомид, включающего основные типы городской застройки: 1-3, 5-7, 9 этажей и высотки в 25-30 этажей. На дальнем плане просматриваются естественные ландшафты острова Русский. (фото и графика Казанцев П.А.)

Fig. 14. Panorama of the Diomede Bay amphitheater, including the main types of urban development: 1-3, 5-7, 9 floors and high-rise buildings of 25-30 floors. In the background you can see the natural landscapes of Russky Island. (photo and graphics by Kazantsev P.A.)

Малоэтажная застройка в 1-3 этажа может быть практически полностью скрыта вторичным лесным массивом, квартальная высокоплотная и строчная застройка до 5-7 этажей выходит на границу формирования полога вторичного лиственного леса. Формируя общий «полог» кровель и крон деревьев застройка данных типов сохраняет свойственную естественным ландшафтам динамику годового хода ветрового режима. Малоэтажная застройка в 1-3 этажа также практически не влияет на годовой ход инсоляционного режима, свойственный естественному рельефу. Квартальная высокоплотная и строчная застройка до 5 этажей формирует мозаичные теневые зоны на придомовых территориях зимой, летом в сочетании с озеленением - сплошные теневые зоны.

Застройка в 9 и более этажей, по своим размерам и высотности сопоставима с пространственными характеристиками мелкосопочного рельефа, и уже способна кардинально преобразовать его микроклимат. Секционная застройка в 9 этажей вдоль горизонталей сопок, характерная для 80-х годов, сформировала ветровые коридоры и зоны сплошного зимнего затенения на склонах и плоских водоразделах. Характерные для современной застройки здания в 25-30 этажей при их размещении в ранее укрытых от ветра долинах формируют ветрозахватный эффект, кардинально меняя зимний и летний ветровой микроклимат. Те же здания на вершинах сопок сбросят ветер вниз. Витражи высотных пластин на северных склонах создают зоны комфортной зимней интермии, на южных и западных в границах наложение полей прямой и отраженной солнечной радиации зоны летнего перегрева.

Пятна многоэтажной застройки формируют новые пространственные характеристики орографического каркаса, в части изменения структурного рисунка водоразделов и вершин, тальвегов, долин и котловин (Рис.15). Долины заполняются высотной застройкой, «поднимая» дно долин до отметок укрывавших их водоразделов (жилые районы Зеленый угол и Снеговая падь, застройка Голубиной пади). В погоне за видами высотные здания размещают на сохранившихся пустотах водоразделов и вершин, наращивая высотный контраст с расположенной ниже по отметкам застройкой средней этажности (сопки Тигровая, Орлиное гнездо, водоразделы амфитеатра бухты Диомид). При этом новая антропогенная топография, сформированная рядами точечной застройки, в противовес слитной квартальной, формирует ландшафты, проницаемые для ветрового, инсоляционного воздействия и атмосферных осадков. Но их интенсивность на уровне нижнего яруса застройки кратно изменяется – от полного исчезновения до увеличения интенсивности воздействия в 2-3 раза.

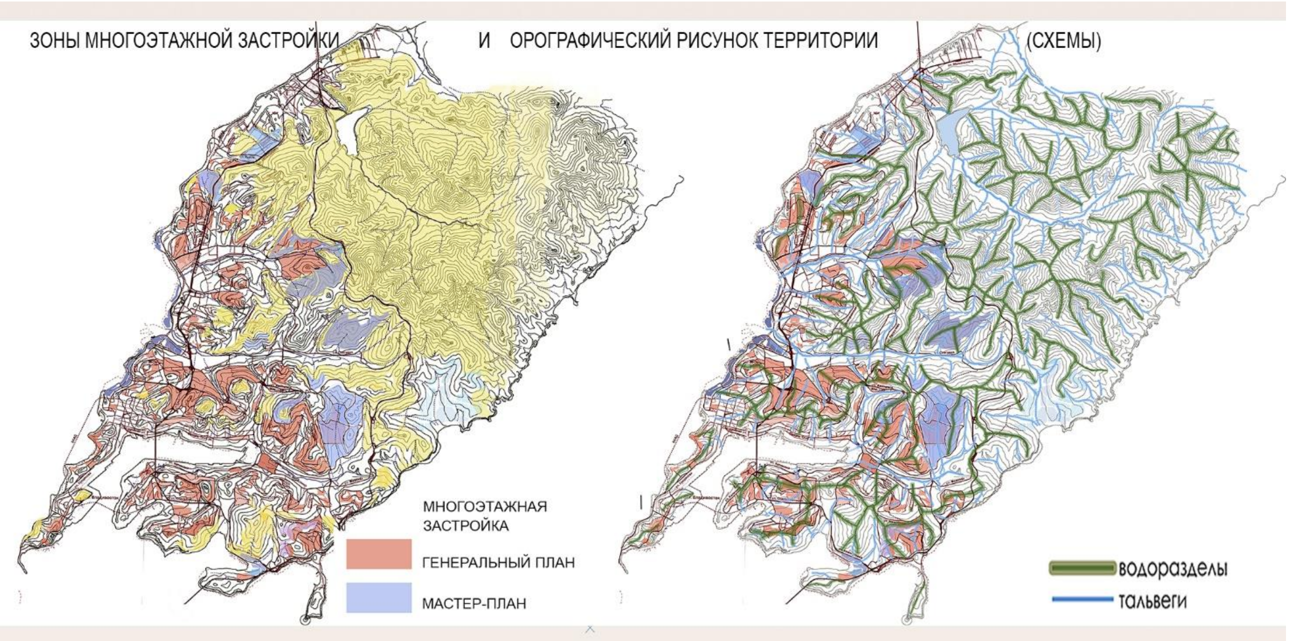

Рис.15. Новая топография города: А. Зоны многоэтажной застройки в 9-30 этажей по действующему генеральному плану Владивостока и предлагаемые к освоению до 2030 г. по мастер-плану города; Б. Изменение орографического рисунка территории города многоэтажной застройкой (графика Казанцев П.А., Бурдина Д.П.)

Fig. 15. New topography of the city: A. Multi-storey development zones of 9-30 floors according to the current master plan of Vladivostok and proposed for development until 2030 according to the city master plan; B. Change in the orographic pattern of the city territory by multi-story buildings (graphics by Kazantsev P.A., Burdina D.P.)

Учитывая геометрические параметры планируемой и реализуемой высотной застройки – группы башен или пластин в 20-30 этажей (60-90 метров при высоте основных городских водоразделов 100-150 метров) влияние таких жилых массивов на микроклимат соседних городских территорий будет также значительно, и может выражаться в наложении вихревых зон вторичных ветровых потоков с изменением скорости и направления действия исходного муссонного ветра, изменении направления и интенсивности выпадающих атмосферных осадков. Это будет наиболее характерно для зон многоэтажной застройки на открытых летнему штормовому воздействию склонах и водоразделах восточного побережья (жилые районы Патрокл, Уссурийский). Высотная застройка береговой черты Амурского залива в устьях долин Первой и Второй речек, в устье долины реки Объяснения перекроет их аэрационные коридоры, превратит долины в подобие котловин, усугубив застой воздуха в жаркие штилевые погоды.

Таким образом, многоэтажная застройка формирует новый пространственный каркас города, который становится неотъемлемой составляющей исходного орографического каркаса, и кардинально меняет микроклимат исходных ландшафтов не только в своих границах, но и на прилегающей территории. Учитывая, что в сложившейся застройке и реализуемых проектах пространственные характеристики многоэтажных зданий уже невозможно задействовать для коррекции негативной динамики климата, зоны сложившейся и проектируемой многоэтажной застройки должны быть отнесены к зонам повышенного климатического риска (Рис.16). По мнению авторов, восстановление климатической устойчивости новых антропогенных ландшафтов возможно только при их формировании как единой архитектурно-ландшафтной системы зданий, вертикальной планировки и зеленых систем (концепция города-биотопа) [33].

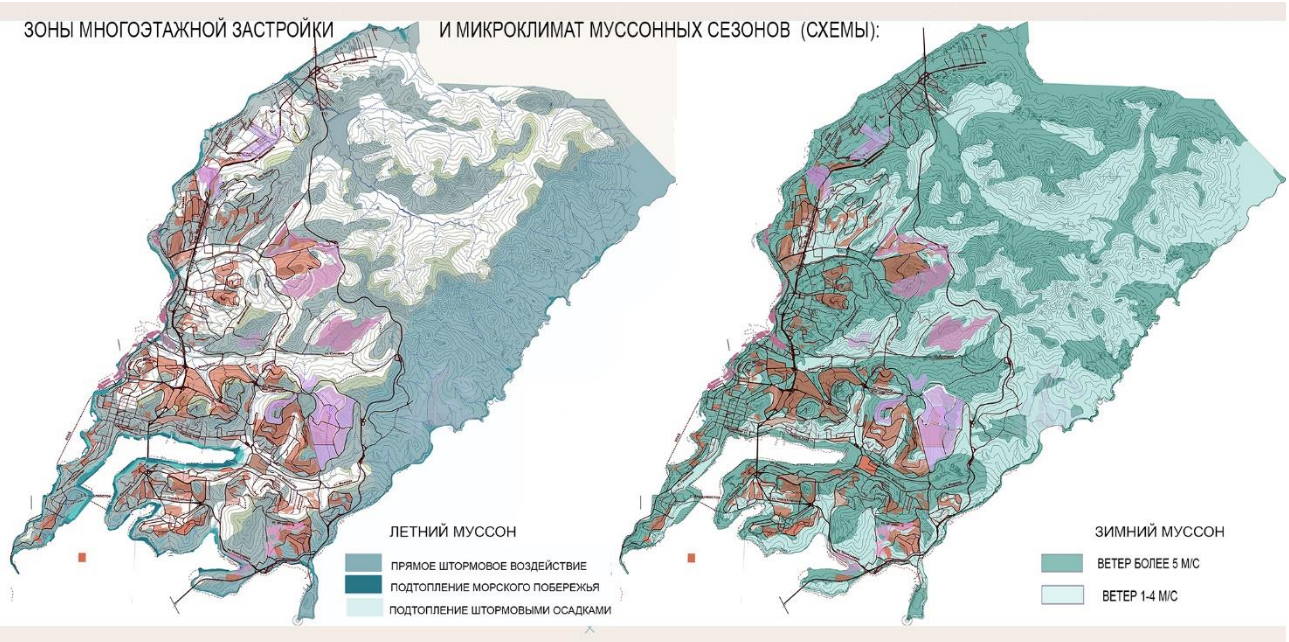

Рис.16. Расположение высотной застройки относительно зон зимнего и летнего ветрового дискомфорта (графика Казанцев П.А.)

Fig. 16. Location of high-rise buildings relative to zones of winter and summer wind discomfort (graphics by Kazantsev P.A.)

Архитектурно-пространственной модель формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды

Рассматривая в условиях региона прибрежный город во всем многообразии его сохранившихся естественных и сформированных антропогенных ландшафтов, взаимодействующих с факторами климата, можно предложить следующую архитектурно-пространственную модель формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды (Рис 17). Основу модели составляет исходный орографический рисунок территории, являющийся основой ее природного каркаса, включая: - вершины и водоразделы (основные формы рельефа, влияющие на перераспределение характеристик ветрового режима, и режим выпадения атмосферных осадков), тальвеги и речные долины (основные направления формирования штормовых стоков), низменное побережье с прилегающими отмелями (зона подтопления и штормового воздействия в условиях роста уровня мирового океана). Большая часть территории, включающая склоны и равнинные поверхности, с разнообразными характеристиками экспозиции, пористости и отражающей способности (альбедо) может быть отнесена к ткани, формирующей городскую среду.

В современных условиях сплошного градостроительного освоения п-ва Муравьева-Амурского, когда с развитием инженерно-строительных технологий исходный мелкосопочный рельеф перестал быть препятствием градостроительного преобразования естественных ландшафтов, степень их антропогенного изменения может быть оценена вне привязки к исходному орографическому рисунку. Учитывая ведущую роль свойства проницаемости формирующих городские пространства поверхностей в изменении их влажностного и температурного режима в основу оценки степени антропогенного изменения ландшафтов может быть положена их плотность как соотношение пористых и непроницаемых для влаги поверхностей, Такой подход аналогичен принятой методике формирования «пористой» городской среды (WSUD – Water Sensitive Urban Design)[34]. В данном исследовании предложено для структурных элементов, формирующих природный каркас и ткань городской территории, выделить по критерию «плотности» застройки и инженерного благоустройства зоны с высоким, средним и низким уровнем антропогенного изменения. В силу своих пространственных характеристик зоны многоэтажной застройки в условиях свойственного региону сложно-расчлененного низковысотного рельефа могут быть выделены в отдельную группу антропогенных ландшафтов, как фактор, активно изменяющий исходный орографический рисунок территории (Рис.17.).

В регионах с высокими скоростями ветра в сочетании с интенсивными ливневыми осадками важную роль в формировании биоклиматического комфорта играет ярусная структура городской застройки и ее высотность [35]. Данный факт подтверждает хорошо известную закономерность распределения свойств изменения ветрового, инсоляционного режима, режима выпадения осадков между ярусами лесного массива. В значительной степени ярусная структура городской застройки совпадает с ярусной структурой лесов умеренного пояса (Рис.18.) Учитывая перераспределение климаторегулирующих функций застройки по вертикали и принимая за аналог вертикальной структуры каждой из выделенных зон ярусную структуру лесов умеренного пояса, можно предложить следующую дифференциацию городской среды по вертикали. Наружный уровень формирует многоэтажная застройка, включающая два основных типа зданий в 9-16 этажей, и в 20 – 30 этажей. Наружный уровень взаимодействует с ветровыми потоками, проходящими над городским ландшафтом, и за счет «ветрозахватного» эффекта является ведущим фактором формирования карты аэрационного поля и зон осадков различной интенсивности. Уровень покрова (полога) – уровень кровель застройки средней этажности, соответствующий кронам лиственных деревьев вторичных лесов и озеленения городской территории. При последовательном озеленении территории с течением времени формируется как непрерывная следующая естественной топографии территории плоскость, вынося зону ветрового воздействия и инсоляционного дискомфорта выше уровня пешеходного движения. Уровень подлеска, соответствующий уровню формирования активных фасадов нижних этажей зданий и движения пешеходов, выступает как дополнительный ярус перераспределения климатического дискомфорта за счет размещения малых архитектурных форм, кустарников, зеленых экранов и невысоких деревьев. Уровень подстилки соответствует вертикальной планировке территории, чьи пространственные характеристики и проницаемость формирующих поверхностей влияют на окончательное перераспределение инсоляционного прогрева и водных потоков.

Предлагаемая ярусная структура модели городской среды при ее формировании позволит распределить функции регулирования динамики климатических изменений по вертикали и нивелировать неблагоприятное воздействие от пространственных характеристик сложившейся и проектируемой многоэтажной застройки.

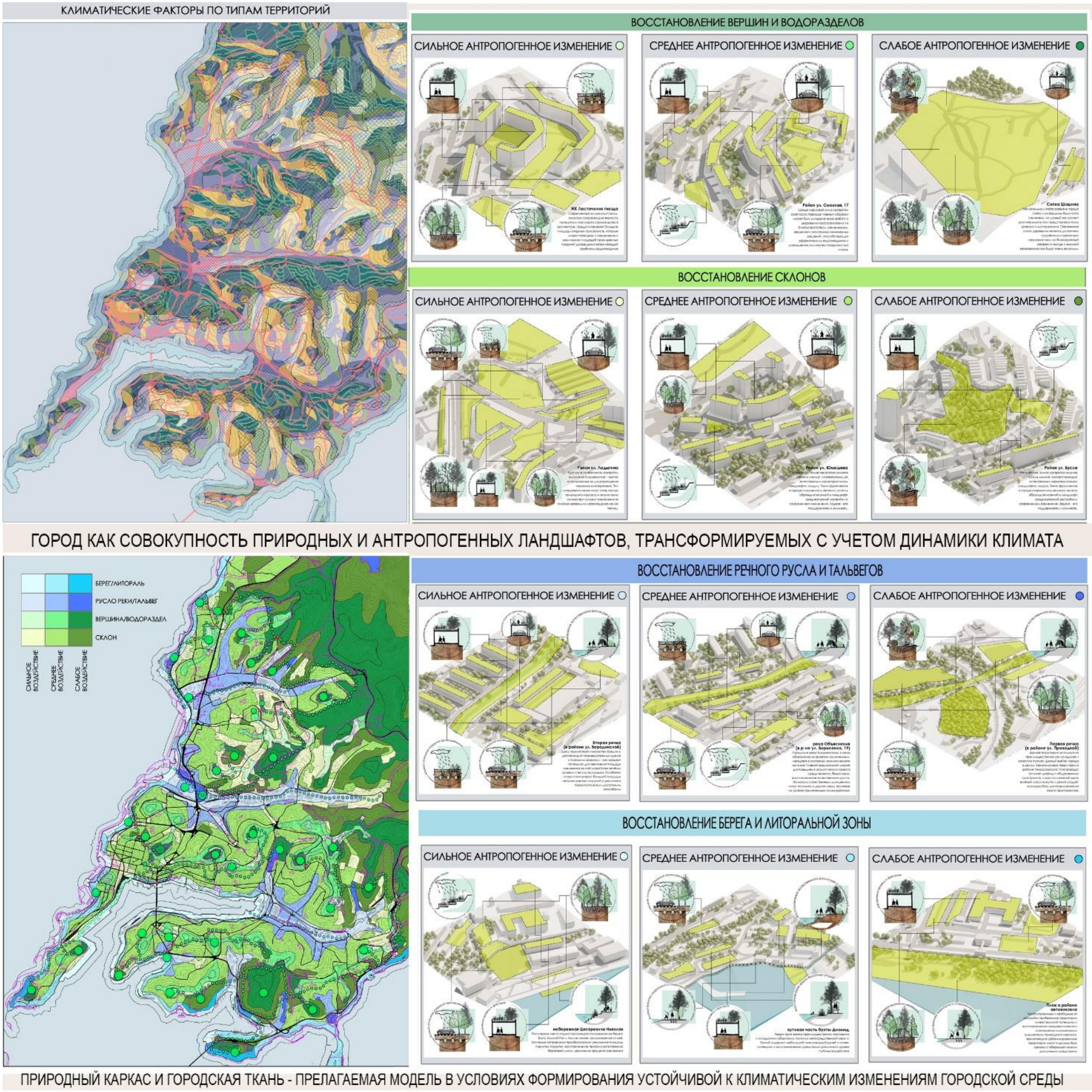

Рис.17. Архитектурно-пространственной модель формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды для условий южного побережья Дальнего Востока (графика Ван-Хо-Бин Е.А., Марус Я.В.)

Fig. 17. Climate resistant urban environment formation architectural and spatial model for the conditions of the southern coast of the Far East (graphics by Van-Kho-Bin E.A., Marus Y.V.)

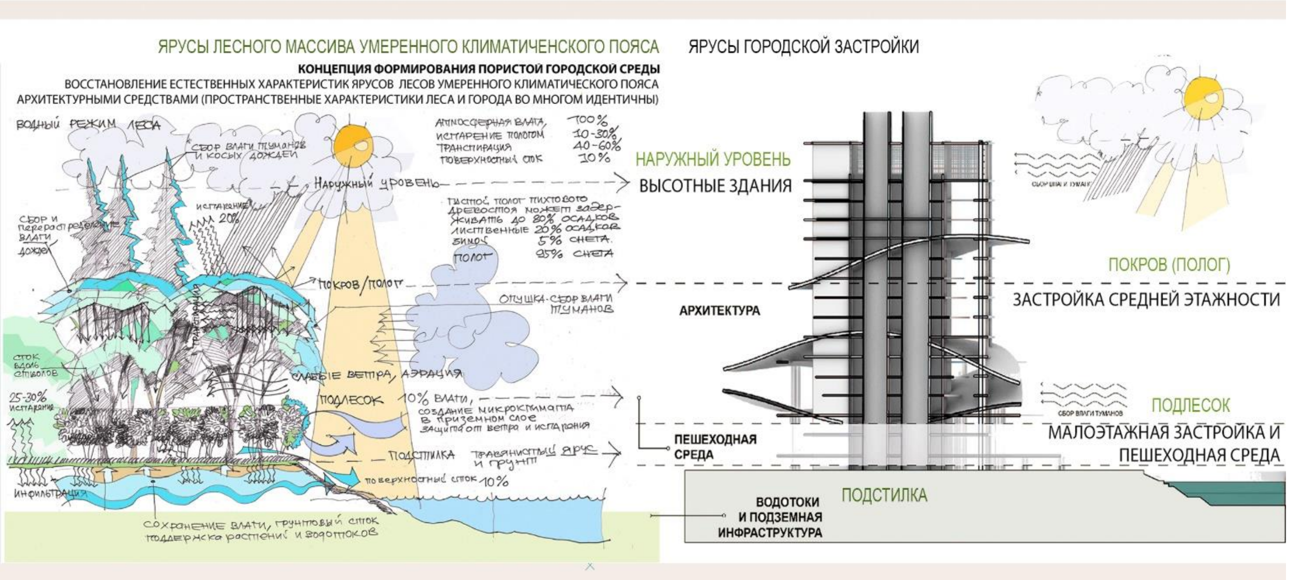

Рис.18. Ярусная структура городской застройки, соответствующая ярусам лесов умеренного пояса (графика Казанцев П.А., Смеловская А.М.)

Fig. 18. Urban development layered structure corresponding to the layers of temperate zone forests (graphics by Kazantsev P.A., Smelovskaya A.M.)

Заключение

Результаты проведенного исследования показали, что:

Основными зонами климатических рисков на рассматриваемой территории г. Владивостока будут: - раскрытые на юго-восточный муссон склоны восточного побережья п-ва Муравьева-Амурского, а также вершины и водоразделы на всей территории полуострова (ветровое воздействие в сочетании с обильными осадками); - ориентированные на запад речные долины и застроенные тальвеги (подтопление штормовыми осадками и избыточный инсоляционный прогрев в жаркие душные погоды); - устья долин, низменности и намывные территории западного побережья полуострова, портовые сооружения и набережные городских бухт (подтопление в результате постепенного роста уровня мирового океана). Лесной покров в силу завершения его вырубки юго-западнее условной линии, проходящей по трассе Седанка-Патрокл, к 2030 году уже не сможет компенсировать риски, связанные со штормовыми осадками и перегревом в пределах основного пятна застройки г. Владивостока.

Примерно с рубежа 70-80-х годов, и, особенно с 2013 года многоэтажная застройка активно меняет исходный орографический рисунок городской территории, формируя мозаичную карту ветрового, инсоляционного поля и распределения атмосферных осадков, с контрастным изменением интенсивности действия названных факторов. Новая топография города увеличивает площадь зон климатических рисков не только в пределах формируемых территорий многоэтажной застройки. При размещении высотных зданий в устьях долин или на вершинах и водоразделах холмов их влияние может распространяться на большие по площади территории.

Предложенная архитектурно-пространственной модель формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды рассматривает ее как совокупность сохранившихся естественных и формируемых антропогенных ландшафтов. По критерию «плотности» застройки и инженерного благоустройства для структурных элементов, формирующих орографический каркас и ткань городских ландшафтов, выделены зоны с высоким, средним и низким уровнем антропогенного изменения. Ярусная структура модели позволит распределить функции регулирования динамики климатических изменений по вертикали и выделить ведущую роль восстановления таких ярусов городской среды, как «подлесок» и «покров», при невозможности изменения пространственных характеристик сложившейся и проектируемой многоэтажной застройки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Leichenko R. Climate change and urban sustainability // Sustainable development. 2011, №3, P.164-168. URL: https://www.academia.edu/7372864/Climate_Change_and_Urban_Resilience (дата обращения 03.06.2024)
2. Joachim Fallmann, Stefan Emeis. How to bring urban and global climate studies together with urban planning and architecture? // Developments in the Built Environment. 2020. Vol. 4. November, 100023. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165920300193 (дата обращения 03.06.2024)
3. Короткий А.М., Скрыльник Г.П., Коробов В.В. Тенденции изменения природной среды и возможные сценарии ее развития на юге Дальнего Востока // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук, 2010, №6. С 3-16.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т.1 Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 227 с.
5. Qinglong You, Zhihong Jiang, Xu Yue, Weidong Guo, Yonggang Liu, Jian Cao. Recent frontiers of climate changes in East Asia at global warming of 1.5°C and 2°C // npj Climate and Atmospheric Science. 2022. Vol. 5. Article number: 80. URL: https://www.nature.com/articles/s41612-022-00303-0 (дата обращения 03.06.2024).
6. Alison Stevens, Radley Horton, Colin Raymon. Brief periods of dangerous humid heat arrive decades early // NOAA Climate. Gov. 2020. May 12. URL: https://www.climate.gov/news-features/featured-images/brief-periods-dangerous-humid-heat-arrive-decades-early (дата обращения 03.06.2024).
7. Климат Владивостока (серия «Климат города») / В.К. Храмцова, Г.В. Свинухов, Е.Н. Есипова и др.; под ред. Ц.А Швер. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1978. 167 с.
8. Данова Т.Е., Григорьева Е.А., Густенко А.С. Современная динамика летних осадков на юге Дальнего Востока России // Научные ведомости. Естественные науки. Региональные геосистемы. 2014. №194, вып. 29. С 1-8.
9. Lin Zheng. Rainfall becomes increasingly variable as climate warms // Science Advances. Ecology, The Environment and Conservation. 2021, 28.07. Vol. 7. №31. URL: https://www.innovations-report.com/ecology-the-environment-and-conservation/rainfall-becomes-increasingly-variable-as-climate-warms/ (дата обращения 03.06.2024).
10. Kaitlin A. Naughten, Paul R. Holland, Jan De Rydt. Unavoidable future increase in West Antarctic ice-shelf melting over the twenty-first century // Nature Climate Change. 2023. Vol. 13, p. 1222–1228. URL: https://www.nature.com/articles/s41558-023-01818-x (дата обращения 03.06.2024).
11. Sea Level Rise Projections: 10 Cities at Risk of Flooding // Earth Org. Climate change. Jun.4th.2022. URL: https://earth.org/sea-level-rise-projections/ (дата обращения 03.06.2024).
12. Hong Kong Green and Blue space conception framework // Hong Kong 2030+ concept. URL: https://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/comp_s/hk2030plus/document/Green_Blue_Space_Conceptual_Framework_Eng.pdf (дата обращения 03.06.2024).
13. Liu Jiahong, Mei Chao. Xiamen: adapting to climate change with sponge city construction // Climate Risk and Resilience in China (CRR). July 7, 2020. 15 p. URL: https://climatecooperation.cn/wp-content/uploads/2024/02/EN-Xiamen.pdf (дата обращения 03.06.2024).
14. City of Vancouver. Green Vancouver. Climate Change Adaptation Strategy 2024-25. URL: https://vancouver.ca/files/cov/vancouver-climate-change-adaptation-strategy-2024-25.pdf (дата обращения 03.06.2024)
15. Wellington city council. Climate change Wellington. Action area: Adaptation. URL: https://wellington.govt.nz/climate-change-sustainability-environment/climate-change/what-were-doing-about-climate-change/our-climate-action-areas/action-area-adaptation (дата обращения 03.06.2024)
16. Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment. Feasibility Study. Stakeholders Engagement // Planning Department. 2011. URL: https://www.tpb.gov.hk/en/papers/TPB/1001-tpb_8972.pdf (дата обращения: 16.05.2024)
17. F. Li, S. Uthes, X. Yang, Y. P. Lai, N. N. Gao. Validating the usefulness and calibration of a two-dimensional situation model of urgency-adaptability for cities responding to climate change. Taking Shenzhen as case study // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Sci. 351.

012025. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/351/1/012025 (дата обращения 03.06.2024)

18. Youngeun Kang, Keonhyeong Kim, Jeahyun Jung. How Vulnerable Are Urban Regeneration Sites to Climate Change in Busan, South Korea? // Sustainability. 2020. №12 (10): 4032. URL: https://www.researchgate.net/publication/341418562_How_Vulnerable_Are_Urban_Regeneration_Sites_to_Climate_Change_in_Busan_South_Korea (дата обращения 03.06.2024)
19. Yijun Shi, Guofang Zhai, Shutian Zhou, Yuwen Lu, Wei Chen, Jinyang Deng. How Can Cities Respond to Flood Disaster Risks under Multi-Scenario Simulation? A Case Study of Xiamen, China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2019, №16 (4): 618. URL: https://www.mdpi.com/1660-4601/16/4/618 (дата обращения 03.06.2024)
20. Typhoon-proof Shenzhen's east coast. Concept // Felixx Landscape Architects & Planners B.V., KCAP Architects & Planners. URL: https://eurasian-prize.ru/portfolio-item/typhoon-proof-shenzhens-east-coast/ (дата обращения: 16.05.2024)
21. Study of Coastal Hazards under Climate Change and Extreme Weather and Formulation of Improvement Measures - Feasibility Study // Civil Engineering and Development Department. 2018. URL:https://www.cedd.gov.hk/eng/our-projects/project-reports/index-id-24.html (дата обращения: 16.05.2024)
22. Jae-Seung Lee, Jeong Won Kim. Assessing Strategies for Urban Climate Change Adaptation: The Case of Six Metropolitan Cities in South Korea // Sustainability. 2018. №10 (6), 2065. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/10/6/2065 (дата обращения: 16.05.2024)
23. HKGBC Guidebook on Urban Microclimate Study // Hong Kong Green Building Council 2011. URL: https://www.hkgbc.org.hk/eng/engagement/guidebooks/urban-microclimate-study/index.jsp (дата обращения: 16.05.2024).
25. Цвид А.А. Указания по учету климата и микроклимата Владивостока в строительстве. Владивосток, ДВНИИС,1966. 39 с.
24. Coggins C, Minor J. Fengshui forests as a socio-natural reservoir in the face of climate change and environmental transformation // Asia Pacific Perspectives. 2018. Vol.15(2). P. 2-27. URL: https://jayna.usfca.edu/asia-pacific-perspectives/pdfs/1-coggins-minor-fengshui-forests.pdf (дата обращения: 16.05.2024).
26. Kazantsev P A 2007 Bioclimatic Comfort Evaluation for Vladivostok and its Islands Territories // Sustainable building Asia Conf., 27.06-28.06.2007, Seoul. Pp. 851-854 URL: https://pdfslide.net/documents/bioclimatic-comfort-evaluation-for-vladivostok-and-itas-islands-typical-landscapes.html (дата обращения 03.06.2024).
27. P Kazantsev, Y Marus and E Van-Kho-Bin: Architectural and Urban Planning Microclimate Evaluation for Vladivostok City Area // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 272, 3. Section two. 2019. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/3/032250 (дата обращения 03.06.2024).
28. Документы территориального планирования. Генеральный план // Владивосток. Официальный сайт администрации города. URL: https://www.vlc.ru/city-environment/gradostroitelstvo-/architecture-vlc/architecture-general-plan/ (дата обращения 03.06.2024).
29. Мастер-план Владивостокской агломерации (концепция) // Владивосток. Официальный сайт администрации города. 2023. 18 с. URL: https://www.vlc.ru/upload/iblock/626//Master_plan_Vladivostokskaya-aglomeratsiya_VEF_09_2023.pdf (дата обращения 03.06.2024).
30. Спутниковая фотографическая карта Владивостока и острова Русский, 1965 // Etomesto.ru URL: http://www.etomesto.ru/map-vladivostok_sputnik-1965/ (дата обращения 03.06.2024).
31. Старый Владивосток // История в фотографиях. Livejournal.com URL: https://foto-history.livejournal.com/8608297.html (дата обращения: 16.05.2024).
32. Владивосток – старые карты // RetroMap.ru URL: https://retromap.ru/Владивосток (дата обращения: 16.05.2024).
33. Березина А.А., Казанцев П.А. Концепция города-биотопа как архитектурно-ландшафтной системы // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2023. № 2(55). С. 148–162. URL: https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-55/14/ (дата обращения 03.06.2024)
34. National Research Council. Urban Stormwater Management in the United States. Washington, DC: The National Academies Press, 2009. 428 p.

35. One water. Rain city strategy. Appendix E. Engagement summary report 2017-2019 // City of Vancouver. URL: https://vancouver.ca/files/cov/rain-city-strategy.pdf (дата обращения 03.06.2024).

REFERENCES

1. Leichenko R. Climate change and urban sustainability // Sustainable development. 2011, №3, P.164-168. URL: https://www.academia.edu/7372864/Climate_Change_and_Urban_Resilience (дата обращения 03.06.2024)
2. Joachim Fallmann, Stefan Emeis. How to bring urban and global climate studies together with urban planning and architecture? // Developments in the Built Environment. 2020. Vol. 4. November, 100023. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165920300193 (дата обращения 03.06.2024)
3. Korotky A.M., Skrylnik G.P., Korobov V.V. Trends in changes in the natural environment and possible scenarios for its development in the south of the Far East // Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 2010, No. 6. P. 3-16. (In Russ.).
4. Assessment report on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. T.1 Climate change. M.: Roshydromet, 2008. 227 p. (In Russ.).
5. Qinglong You, Zhihong Jiang, Xu Yue, Weidong Guo, Yonggang Liu, Jian Cao. Recent frontiers of climate changes in East Asia at global warming of 1.5°C and 2°C // npj Climate and Atmospheric Science. 2022. Vol. 5. Article number: 80. URL: https://www.nature.com/articles/s41612-022-00303-0 (дата обращения 03.06.2024).
6. Alison Stevens, Radley Horton, Colin Raymon. Brief periods of dangerous humid heat arrive decades early // NOAA Climate. Gov. 2020. May 12. URL: https://www.climate.gov/news-features/featured-images/brief-periods-dangerous-humid-heat-arrive-decades-early (дата обращения 03.06.2024).
7. Climate of Vladivostok (series "City Climate") / V.K. Khramtsova, G.V. Svinukhov, E.N. Esipova and others; edited by Ts.A Shwer. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1978. 167 p. (In Russ.).
8. Danova T.E., Grigorieva E.A., Gustenko A.S. Modern dynamics of summer precipitation in the south of the Russian Far East. Scientific bulletins. Natural Sciences. Regional geosystems 2014 No. 194, issue. 29. P. 1-8. (In Russ.).
9. Lin Zheng. Rainfall becomes increasingly variable as climate warms // Science Advances. Ecology, The Environment and Conservation. 2021, 28.07. Vol. 7. №31. URL: https://www.innovations-report.com/ecology-the-environment-and-conservation/rainfall-becomes-increasingly-variable-as-climate-warms/ (дата обращения 03.06.2024).
10. Kaitlin A. Naughten, Paul R. Holland, Jan De Rydt. Unavoidable future increase in West Antarctic ice-shelf melting over the twenty-first century // Nature Climate Change. 2023. Vol. 13, p. 1222–1228. URL: https://www.nature.com/articles/s41558-023-01818-x (дата обращения 03.06.2024).
11. Sea Level Rise Projections: 10 Cities at Risk of Flooding // Earth Org. Climate change. Jun.4th.2022. URL: https://earth.org/sea-level-rise-projections/ (дата обращения 03.06.2024).
12. Hong Kong Green and Blue space conception framework // Hong Kong 2030+ concept. URL: https://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/comp_s/hk2030plus/document/Green_Blue_Space_Conceptual_Framework_Eng.pdf (дата обращения 03.06.2024).
13. Liu Jiahong, Mei Chao. Xiamen: adapting to climate change with sponge city construction // Climate Risk and Resilience in China (CRR). July 7, 2020. 15 p. URL: https://climatecooperation.cn/wp-content/uploads/2024/02/EN-Xiamen.pdf (дата обращения 03.06.2024).
14. City of Vancouver. Green Vancouver. Climate Change Adaptation Strategy 2024-25. URL: https://vancouver.ca/files/cov/vancouver-climate-change-adaptation-strategy-2024-25.pdf (дата обращения 03.06.2024)
15. Wellington city council. Climate change Wellington. Action area: Adaptation. URL: https://wellington.govt.nz/climate-change-sustainability-environment/climate-change/what-were-doing-about-climate-change/our-climate-action-areas/action-area-adaptation (дата обращения 03.06.2024)
16. Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment. Feasibility Study. Stakeholders Engagement // Planning Department. 2011. URL: https://www.tpb.gov.hk/en/papers/TPB/1001-tpb_8972.pdf (дата обращения: 16.05.2024)
17. F. Li, S. Uthes, X. Yang, Y. P. Lai, N. N. Gao. Validating the usefulness and calibration of a two-dimensional situation model of urgency-adaptability for cities responding to climate change. Taking

Shenzhen as case study // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Sci. 351. 012025. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/351/1/012025 (дата обращения 03.06.2024)

18. Youngeun Kang, Keonhyeong Kim, Jeahyun Jung. How Vulnerable Are Urban Regeneration Sites to Climate Change in Busan, South Korea? // Sustainability. 2020. №12 (10): 4032. URL: https://www.researchgate.net/publication/341418562_How_Vulnerable_Are_Urban_Regeneration_Sites_to_Climate_Change_in_Busan_South_Korea (дата обращения 03.06.2024)
19. Yijun Shi, Guofang Zhai, Shutian Zhou, Yuwen Lu, Wei Chen, Jinyang Deng. How Can Cities Respond to Flood Disaster Risks under Multi-Scenario Simulation? A Case Study of Xiamen, China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2019, №16 (4): 618. URL: https://www.mdpi.com/1660-4601/16/4/618 (дата обращения 03.06.2024)
20. Typhoon-proof Shenzhen's east coast. Concept // Felixx Landscape Architects & Planners B.V., KCAP Architects & Planners. URL: https://eurasian-prize.ru/portfolio-item/typhoon-proof-shenzhens-east-coast/ (дата обращения: 16.05.2024)
21. Study of Coastal Hazards under Climate Change and Extreme Weather and Formulation of Improvement Measures - Feasibility Study // Civil Engineering and Development Department. 2018. URL:https://www.cedd.gov.hk/eng/our-projects/project-reports/index-id-24.html (дата обращения: 16.05.2024)
22. Jae-Seung Lee, Jeong Won Kim. Assessing Strategies for Urban Climate Change Adaptation: The Case of Six Metropolitan Cities in South Korea // Sustainability. 2018. №10 (6), 2065. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/10/6/2065 (дата обращения: 16.05.2024)
23. HKGBC Guidebook on Urban Microclimate Study // Hong Kong Green Building Council 2011. URL: https://www.hkgbc.org.hk/eng/engagement/guidebooks/urban-microclimate-study/index.jsp (дата обращения: 16.05.2024).
25. Цвид А.А. Указания по учету климата и микроклимата Владивостока в строительстве. Владивосток, ДВНИИС,1966. 39 с.
24. Coggins C, Minor J. Fengshui forests as a socio-natural reservoir in the face of climate change and environmental transformation // Asia Pacific Perspectives. 2018. Vol.15(2). P. 2-27. URL: https://jayna.usfca.edu/asia-pacific-perspectives/pdfs/1-coggins-minor-fengshui-forests.pdf (дата обращения: 16.05.2024).
26. Kazantsev P A 2007 Bioclimatic Comfort Evaluation for Vladivostok and its Islands Territories // Sustainable building Asia Conf., 27.06-28.06.2007, Seoul. Pp. 851-854 URL: https://pdfslide.net/documents/bioclimatic-comfort-evaluation-for-vladivostok-and-itas-islands-typical-landscapes.html (дата обращения 03.06.2024).
27. P Kazantsev, Y Marus and E Van-Kho-Bin: Architectural and Urban Planning Microclimate Evaluation for Vladivostok City Area // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 272, 3. Section two. 2019. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/272/3/032250 (дата обращения 03.06.2024).
28. Territorial planning documents. General plan // Vladivostok. Official website of the city administration. URL: https://www.vlc.ru/city-environment/gradostroitelstvo-/architecture-vlc/architecture-general-plan/ (In Russ.). (accessed: June 3, 2024).
29. Master plan for the Vladivostok agglomeration (concept) // Vladivostok. Official website of the city administration. URL: https://www.vlc.ru/upload/iblock/626/ Master_plan_Vladivostokskaya-aglomeratsiya_VEF_09_2023.pdf (In Russ.). (accessed: June 3, 2024).
30. Satellite photographic map of Vladivostok and Russky Island, 1965 // Etomesto.ru URL: http://www.etomesto.ru/map-vladivostok_sputnik-1965/ (In Russ.). (accessed: June 3, 2024).
31. Old Vladivostok // History in photographs. Livejournal.com URL.: https://foto-history.livejournal.com/8608297.html (In Russ.). (accessed: June 3, 2024).
32. Vladivostok - old maps // RetroMap.ru URL.: https://retromap.ru/Vladivostok (In Russ.). (accessed: June 3, 2024).
34. Berezina A.A., Kazantsev P.A. The concept of a biotope city as an architectural and landscape system // Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University. 2023. No. 2(55). pp. 148–162. https://www.dvfu.ru/vestnikis/archive-editions/2-55/14/ (In Russ.). (accessed: June 3, 2024).
35. One water. Rain city strategy. Appendix E. Engagement summary report 2017-2019 // City of Vancouver. URL: https://vancouver.ca/files/cov/rain-city-strategy.pdf (accessed: June 3, 2024).

Информация об авторах

Казанцев Павел Анатольевич – кандидат архитектуры, профессор, Департамент архитектуры и дизайна, Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия) pal-antvlad@yandex.ru

Березина Анастасия Александровна - магистрант, Департамент архитектуры и дизайна, Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия), bela_345@mail.ru

Болехивская Алена Александровна - магистрант, Департамент архитектуры и дизайна, Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия), alena-yarsk@yandex.ru

Бурдина Дарья Павловна - аспирант, Департамент архитектуры и дизайна, Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия), dariav93@yandex.ru

Ван-Хо-Бин Егор Александрович - аспирант, Департамент архитектуры и дизайна, Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия), van-kho-bin.ea@dvfu.ru

Марус Яна Викторовна - аспирант, Департамент архитектуры и дизайна, Политехнический институт, Дальневосточный федеральный университет (Владивосток, Россия), vl_yana@mail.ru

Information about the authors

Kazantsev Pavel Anatolyevich – Candidate of Architecture, Professor, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia) pal-antvlad@yandex.ru

Berezina Anastasia Aleksandrovna - master's student, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia), bela_345@mail.ru

Bolehivskaya Alena Aleksandrovna - master's student, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia), alena-yarsk@yandex.ru

Burdina Daria Pavlovna - graduate student, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia), dariav93@yandex.ru

Van-Ho-Bin Egor Aleksandrovich - graduate student, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia), van-kho-bin.ea@dvfu.ru

Marus Yana Viktorovna - graduate student, Department of Architecture and Design, Polytechnic Institute, Far Eastern Federal University (Vladivostok, Russia), vl_yana@mail.ru

Вклад авторов

Текст статьи, методика исследования, концепция модели – Казанцев П.А.; обзор опыта формирования климатически устойчивой городской среды - Болехивская А.Я., Казанцев П.А.; исследование биоклиматического комфорта территории Владивостока - Ван-Хо-Бин Е.А., Казанцев П.А., Марус Я.В.; исследование биоклиматического комфорта участка п-ва Шкота – Березина А.А.; модель формирования климатически устойчивой городской среды - Ван-Хо-Бин Е.А., Бурдина Д.П., Казанцев П.А., Марус Я.В.

Contributions of the authors

Text of the article, research methodology, conception of the model – Kazantsev P.A.; review of the experience of forming a climate-stable urban environment - Bolekhivskaya A.Ya., Kazantsev P.A.; study of the bioclimatic comfort of the territory of Vladivostok - Van-Ho-Bin E.A., Kazantsev P.A., Marus Y.V.; study of the bioclimatic comfort of the area of the Shkota Peninsula - Berezina A.A.; model for the formation of a climate resistance urban environment - Wang-Ho-Bin E.A., Burdina D.P., Kazantsev P.A., Marus Ya.V.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

В статье приведены обобщенные схемы территории Владивсотока

Казанцев П.А., Березина А.А., Болехивская А.Я., Бурдина Д.П., Ван-Хо-Бин Е.А., Марус Я.В. Исследование предпосылок формирования устойчивой к климатическим изменениям городской среды в условиях горного побережья и муссонного климата (на примере г. Владивостока) // Урбанистика. 2024. № 3. С. 28-52. DOI: 10.7256/2310-8673.2024.3.71098 EDN: XFWKSC URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=71098