

Оценка факторов, влияющих на экологию городов с жарким климатом и сложным рельефом

Б.И. Гиясов, Р.Б. Гиясов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Южные города с жарко-штилевыми условиями климата, расположенные на сложном рельефе в связи с отсутствием достаточной аэрации, находятся в экстремальной экологической обстановке. Городское строительство на сложном рельефе влияет на установившийся местный микроклимат, меняя структуру окружающей среды и гидрогеологические условия. Кроме того, развитие городского пространства и строительство современных многоэтажных домов существенно влияет на аэродинамику окружающей среды и экологию. В статье, на основе анализа климатических параметров городов Сочи, Махачкала и натурных наблюдений выявлены условия, при которых формируется местная циркуляция воздуха, способствующая улучшению экологической ситуации. Построены модели формирования аэрации городского пространства при разных вариантах озеленения. Проведенный анализ позволит правильно оценить факторы, влияющие на формирование аэрации термического происхождения и их роль в улучшении экологии городов с жарко-штилевыми условиями климата.

Ключевые слова: Ветер, здания, микроклимат, озеленение, пространство, жаркий климат, сложный рельеф, конвективные потоки, ландшафт, аэрация, экология.

Современные развитые города и мегаполисы, с определенными природными условиями и конкретным типом хозяйственного освоения, требуют особого внимания с экологической точки зрения. В результате урбанизации современная городская среда подвергается постоянным изменениям: увеличивается плотность застройки городского пространства, развивается транспортная и инженерная инфраструктура, что приводит к перенаселению и нарушает устоявшийся климат местности и экологию [1]. В связи с этими проблемами, присущими развитым городам, которые расположены в равнинной местности, большой интерес вызывает градостроительство в условиях сложного рельефа местности. Экономически целесообразным является развитие городов в неиспользуемых местах, таких как территории со сложным рельефом.

Рельеф местности, являясь природным фактором, активно влияет на развитие городов и оказывает непосредственное воздействие на многие

аспекты градостроительства. Развитие градостроительства на сложном рельефе местности приводит к преобразованию рельефа, изменению гидрогеологических условий и природной среды. Следовательно, для сохранения экологического баланса, при проектировании и застройке территорий целесообразно сохранить характерный для местности рельеф, гидрогеологические условия и почвенный покров, а также естественную растительность. Использование сложного рельефа местности для целей застройки, как правило, является одним из решений задач охраны окружающей среды и природных ресурсов [2,3].

Вопрос формирования особых климатических условий и изменение экологии окружающей среды в условиях сложного рельефа особо остро стоит для городов с жарким климатом. К городам со сложным рельефом и жарким климатом местности относятся практически большая часть Центральной Азии, территории Закавказья и России. Присущая этим территориям, значительная интенсивность солнечной радиации в сочетании с высокими температурами, большой вероятностью солнечного сияния и малой подвижностью воздуха значительно усугубляет там экологическую обстановку. В таких условиях наблюдается высокий уровень температурно-радиационного нагрева, и создаются значительные тепловые нагрузки на природную среду и организм человека [4]. Кроме того, малая подвижность воздуха способствует концентрации вредных веществ в жилой среде. Эти факторы существенно понижают работоспособность, производительность физического и умственного труда. Поддержание благоприятного микроклимата и экологии в жилой среде городов с жарким климатом и сложным рельефом местности является важной, но непростой задачей.

Таким образом, сложная экологическая обстановка наблюдается в городах с жарким климатом и штилевыми условиями, особенно, если город находится на сложном рельефе местности. В таблице 1 приведены города с

наибольшим числом случаев штиля в жаркий период года. Сравнение и анализ этих данных позволяют оценить влияние температуры и штиля на формирование неблагоприятной экологии и выделить города с экстремальными условиями.

Таблица 1

Повторяемость штиля на летний период по данным метеостанций в городах центральной Азии, Казахстана и Закавказья

Города (страны)	Среднее число случаев штиля в июле %	Среднее число случаев штиля с 15 мая по 15 сентября, %
1	2	3
УЗБЕКИСТАН	38	34
Андижан	22	18
Ташкент	26	24
Денау	32	30
Навои	35	30
Учкурган	37	34
Фергана		
КАЗАХСТАН	25	22
Алма-Ата	23	20
Джамбул	21	19
Караганда	31	28
Семипалатинск		
РОССИЯ		
Сочи	34	29
Махачкала	38	32
Кизляр	30	26
Грозный	28	24
Гудермес	26	28
Бийск	24	21

Для анализа выбраны два города с наиболее экстремальными условиями, характеризующимися, как жара-штиль: Сочи и Махачкала.

Известно, что ветер является одним из главных факторов, благоприятно влияющих на воздушную среду городского пространства. Ветер оказывает существенное влияние на состояние загрязнения воздушного бассейна города. В условиях сложного рельефа местности, направления хребтов и долин определяют направление господствующего ветра в приземном слое воздуха. Интенсивная плотная застройка в этих городах в условиях сложного рельефа приводит к нарушению естественной аэрации местности [5]. В результате этого в городских территориях образуются устойчивые зоны с застоями воздуха и возникают районы с жарким штилевыми условиями климата и неблагоприятной экологией.

На основании данных справочно-информационного портала "Погода и климат" можно утверждать, что наиболее экстремальными месяцами для городов Сочи и Махачкала являются июль, сентябрь, октябрь и ноябрь. Из таблиц 2, 3 и по рисункам 1, 2 видно, что в городах Сочи и Махачкала в эти месяцы наблюдаются высокие температуры воздуха при незначительных скоростях ветра. Ситуация еще усугубляется стремительным ростом темпов строительства, увеличением населения и развитием транспортной инфраструктуры. В этих условиях города, находящиеся среди гор, имея недостаточную аэрацию и высокий уровень температурно-радиационного нагрева подвержены температурным инверсиям [6]. Плотное высотное строительство, свойственное современным городам, препятствуя естественной аэрации городского пространства, создает экстремальную экологическую обстановку. Кроме того, при температурных инверсиях наблюдаются повышение температуры с высотой, и верхние этажи многоэтажных зданий оказываются в неблагоприятных климатических и экологических условиях.

Следовательно, при планировании города необходимо обратить внимание на эти факторы. При строительном проектировании, в районах с жарким штилевым условием климата необходим учет скорости ветра,

Таблица 2

Скорость ветра в г. Сочи, м/с

янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	год
2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.9	1.7

t, °C

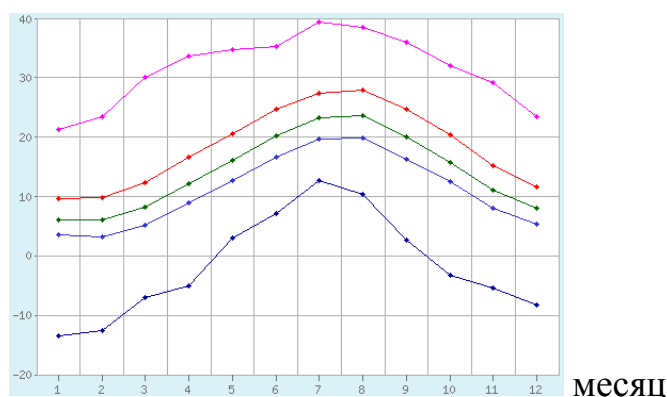


Рис. 1. – График изменения температур в г. Сочи в течение года.

Таблица 3

Скорость ветра в г. Махачкала, м/с

янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	год
3.4	3.7	3.7	3.5	3.3	3.0	2.7	2.8	3.3	3.5	3.5	3.5	3.3

определяемый системой застройки. Также, при условиях сложного рельефа, наряду с ветром общециркуляционного характера, необходимо принимать во внимание профилирующие местные ветры склонового, горнодолинного происхождения [6,7]. В городах Закавказья и Центральной Азии,

преобладание штилевых дней серьезно усугубляют естественную аэрацию воздушного бассейна и осложняют экологическую обстановку.

$t, ^\circ\text{C}$

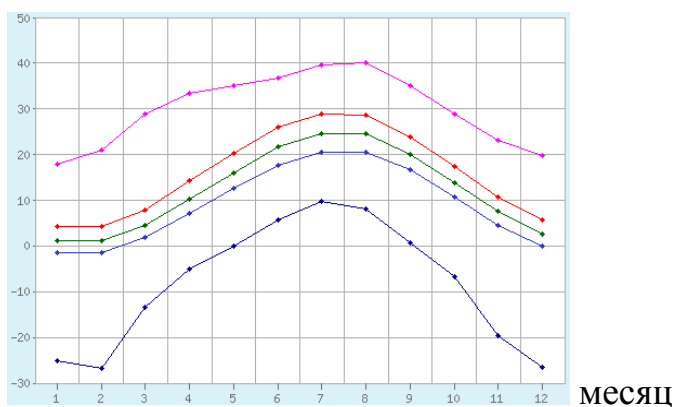


Рис. 2. –График изменения температур в г. Махачкале в течение года.

Климатический анализ города Махачкала позволил выявить, что в дневное время наблюдается высокая интенсивность солнечной радиации, которые составляют на вертикальные поверхности около 750 Вт/м^2 , на горизонтальные – 810 Вт/м^2 . При этом температура воздуха достигает 41°C и преобладают слабые ветры до 3 м/с . Кроме того движению ветровых потоков препятствует городская застройка и объекты благоустройства, снижая скорость ветра на $60\text{-}70\%$, что способствует концентрации загрязняющих веществ. С другой стороны, перепад температур между затененными и облучаемыми солнечной радиацией поверхностями зданий способствуют развитию слабых воздушных течений термического происхождения, скорость которых может достигать до 10 м/с . Формирование таких конвективных потоков могут играть значительную роль в улучшении экологии воздушного бассейна городских территорий [8,9].

Город Махачкала расположен в районе предгорий и по климатической квалификации является городом с влажным климатом и очень теплым летом. Городская застройка Махачкалы способствует нагреванию инсолируемых поверхностей стен домов, дорожных покрытий до $+75^\circ\text{C}$. Поверхности, не

находящиеся под воздействием солнечной радиации, имеют более низкую температуру $+20...+25^{\circ}\text{C}$. При этом разница температур инсолируемых и затененных поверхностей может достигать $20-25^{\circ}\text{C}$, что способствует возникновению воздушных потоков термического происхождения [10]. Натурные наблюдения, проведенные в жилом районе города Махачкалы подтверждают, что мощность конвективных потоков и их активность прямо пропорциональны разности нагрева различных рядом расположенных поверхностей.

Таким образом, можно утверждать, что в городской среде, в зоне пребывания человека под воздействием инсоляции, возникают воздушные потоки, которые формируют тепло-влажностные условия, влияющие на аэрацию местности. Следовательно, в режиме городской застройки, есть реальная возможность регулировать тепло-ветровой режимом и обеспечить необходимую аэрацию городской среды [11,12]. На основе проведенного анализа были построены модели формирования аэрации городского пространства (рис3).

В итоге, можно утверждать, что в штилевых условиях климата существуют факторы, способствующие естественной аэрации городской территории. Планировочные решения застройки, расстояния между зданиями, ориентация, условия инсоляции являются определяющими факторами формирования городских местных ветров термического происхождения, то есть естественной аэрации застройки. Важную роль в возникновении конвективных потоков термического происхождения играет система озеленения городского пространства.

На основе проведенных исследований построена модель формирования воздушного потока термического происхождения для дворового пространства при разных условиях озеленения рисунок 4.

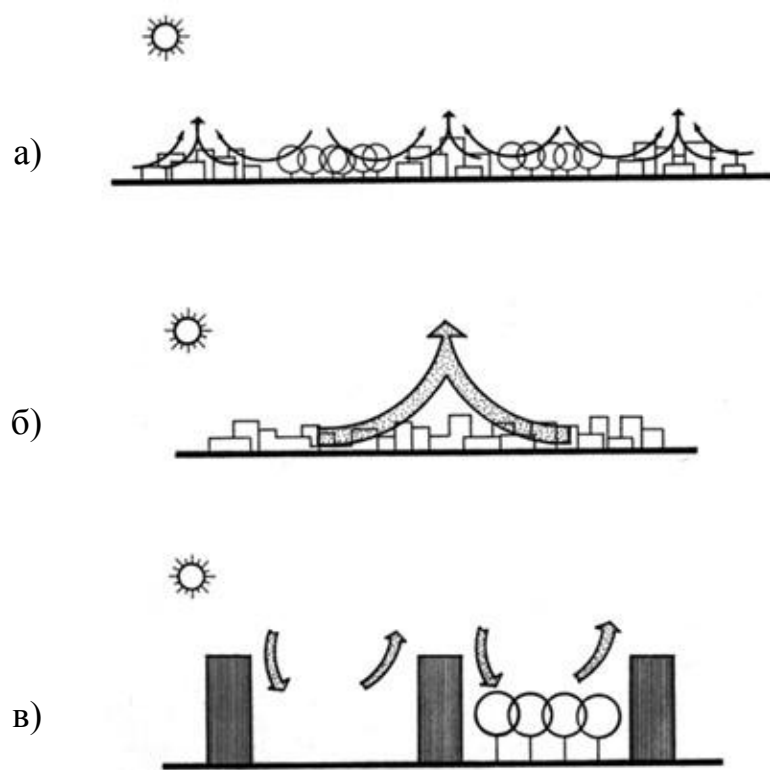


Рис. 3. – Модель формирования аэрации.

а - в городской застройке, чередующейся зелеными массивами; б – в плотной застройке городского пространства; в- во фрагментах застройки.

Данная модель показывает, что мероприятия по озеленению и планировке междомового пространства способствуют формированию локальных метеорологических процессов и возникновению циркуляции воздуха термического происхождения. Локальные метеорологические процессы и явления в застройке играют важную роль в формировании климата и микроклимата города. Они создают сложные условия естественной местной циркуляции воздуха, переноса и рассеяния загрязнения в атмосфере, что улучшает экологию окружающей среды.

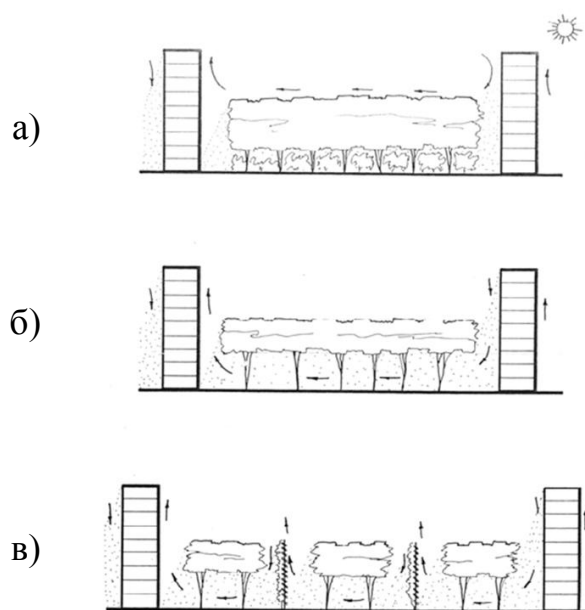


Рис 4. – Влияние характера озеленения двора на формирование воздушного потока.

а- низкоштамбовое, крупнокронное озеленение; б-высокоштамбовое, крупнокронное озеленение; в-разделение большого пространства двора жалюзийными стенками.

В результате можно отметить, что при рассмотрении механизма образования местных ветров развивающаяся местная циркуляция имеет следующие признаки:

- наличие достаточно большого температурного контраста, как двух соседних подстилающих поверхностей, так и слоев воздуха над ними;

- наличие двух слоев воздуха по высоте, направление ветра в которых, при переходе из одного слоя в другой резко меняется, иногда на 180° (в высокогорных районах обратного потока может и не наблюдаться);

- частое наличие в переходном слое инверсии температуры с ослаблением скорости ветра.

Из этого следует, что для организации систематического естественного проветривания территории застройки и жилища и тем самым улучшения микроклимата, необходимо использование механизма взаимодействия инсоляции с деятельной поверхностью застройки (поверхность стен, покрытий, проезд, тротуаров и дорожек).

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1) В городах с жарко-штилевыми условиями климата, расположенных на сложном рельефе местности, в процессе развития городской застройки формируется неблагоприятная экологическая обстановка из-за отсутствия достаточной аэрации воздуха;

2) В штилевых условиях в городской среде наблюдаются факторы, способствующие естественной аэрации;

3) Правильно выбранные планировочные решения застройки, расстояния между зданиями, условия инсоляции и ориентация способствуют формированию естественной аэрации термического происхождения;

4) В результате разницы температур поверхностей городского пространства, возникающих при воздействии солнечной радиации, образуются восходящие и нисходящие конвективные потоки, которые создают циркуляцию воздуха городского пространства;

5) Для улучшения экологии города, расположенного на сложном рельефе местности в жарко-штилевых условиях климата, необходимо учитывать условия возникновения естественной аэрации термического происхождения. При развитии городского строительства, на стадии проектирования необходимо обозначить мероприятия по формированию и регулированию естественной циркуляции воздуха городского пространства.

Литература

1. Пряхин В.Н., Большеротов А.Л., Рязанова Н.Е., Экологические проблемы плотно застроенных урбанизированных территорий. Журнал Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности, 2009, № 3, стр. 72-76.
2. Ronald C. Estoque, Yuji Murayama., Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 133, November 2017, pp.18-29 2.
3. Xianghua Li, Jingyi Guo, Chao Gao, Zhen Su, Zili Zhang., Network-based transportation system analysis: A case study in a mountain city. Chaos, Solitons & Fractals, Volume 107, February 2018, pp. 256-265
4. Гиясов А., Баротов Ю.Г., Роль зеленых насаждений в оздоровлении микроклимата городской застройки южных районов. // Экология урбанизированных территорий. М: №3 2018. с.90-97.
5. Гиясов А., Тускаева З.Р., Гиясова И.В., Использование особенностей сложного рельефа для устойчивого развития горных территорий. // Устойчивое развитие горных территорий. Т.10, № 4(38) 2018 г. с.558 – 565.
6. Andrea Patricia Cuesta-Mosquera, Matthew Wahl, Jansen Gabriel Acosta-López, José Agustín García-Reynoso, Beatriz Helena Aristizábal-Zuluaga, Mixing layer height and slope wind oscillation: Factors that control ambient air SO₂ in a tropical mountain city. Sustainable Cities and Society, Volume 52, January 2020, Article 101852.
7. Бин Ченг, Чжунхуа Гоу, Фань Чжан, Цюшуан Фэн, Цзыфэн Хуан, Thermal comfort in urban mountain parks in the hot summer and cold winter climate. Sustainable Cities and Society, Volume 51, November 2019, Article 101756

8. Шейди Аттиа, Тео Лакомб, Хери Тиана Ракотондрамиарана, Франсуа Гард, Голам Реза Рошан, Analysis tool for bioclimatic design strategies in hot humid climates. Sustainable Cities and Society, Volume 45, February 2019, pp. 8-24.
9. Jari Niemelä, Ecology of urban green spaces: The way forward in answering major research questions. Landscape and Urban Planning, Volume 125, May 2014, pp. 298-303.
10. Khasan S. Karimov M., Khakim M. Akhmedov K., Muhammad Abid, Georgiy N. Petrov A., Effective management of combined renewable energy resources in Tajikistan. Science of The Total Environment, Volumes 461–462, 1 September 2013, pp. 835-838.
11. Ким Д.А. Анализ ветрового воздействия на здания и сооружения // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: [ivdon.ru /ru/magazine/ archive/ n 12y2020/6699](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6699).
12. Гиясов А. Тепло-ветровой режим городского каньона, взаимосвязь его с воздушной средой помещений // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4737.

References

1. Prjahnin V.N., Bol'sherotov A.L., Rjazanova N.E. Zhurnal Vestnik RUDN, serija Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti, 2009, № 3, pp. 72-76.
 2. Ronald C. Estoque, Yuji Murayama. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 133, November 2017, pp.18-292.
 3. Xianghua Li, Jingyi Guo, Chao Gao, Zhen Su, Zili Zhang. Volume 107, February 2018, pp. 256-265.
 4. Gijasov A., Barotov Ju.G. Zhurnal. Jekologija urbanizirovannyh territorij. M: №3 2018. pp. 90-97.
 5. Gijasov A., Tuskaeva Z.R., Gijasova I.V. Ustojchivoe razvitie gornyh territorij. T.10 № 4(38) 2018. pp. 558-565.
-



6. Andrea Patricia Cuesta-Mosquera, Matthew Wahl, Jansen Gabriel Acosta-López, José Agustín García-Reynoso, Beatriz Helena Aristizábal-Zuluaga. *Sustainable Cities and Society*, Volume 52, January 2020, Article 101852.
7. Bin Cheng, Chzhunhua Gou, Fan' Chzhan, Cjushuan Fjen, Czyfjen Huan. *Sustainable Cities and Society*, Volume 51, November 2019, Article 101756.
8. Shejdi Attia, Teo Lakomb, Heri Tiana Rakotondramiarana, Fransua Gard, GolamReza Roshan. *Sustainable Cities and Society*, Volume 45, February 2019, pp. 8-24.
9. Jari Niemelä. *Landscape and Urban Planning*, Volume 125, May 2014, pp. 298-303.
10. Khasan S. Karimov M., Khakim M. Akhmedov K., Muhammad Abid, Georgiy N. Petrov A. *Science of The Total Environment*, Volumes 461-462, 1 September 2013, pp. 835-838.
11. Kim D.A. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2020, №12. URL: [ivdon.ru /ru/magazine/ archive/ n 12y2020/6699](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6699).
12. Gijasov A. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4737.