

Шукуров И.С., д-р техн. наук, проф.,  
Ахмед Эламин М.А., аспирант,  
Зебилила М.Х., аспирант,  
Микири К.И., аспирант

Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет

## ВЛИЯНИЕ ЗАСТРОЙКИ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ НИЛА НА ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ И ЗАПЫЛЕННОСТИ ХАРТУМА (РЕСПУБЛИКА СУДАН)

shukurov2007@yandex.ru

*В данной статье раскрываются проблемы влияния прибрежной территории Голубого и Белого Нила на ветровой режим и запыленности застройки Хартума. Одним из главных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование внешней среды, наряду с температурой воздуха, солнечной радиации и влажности воздуха является ветер. Планировка и застройка в экстремальных неблагоприятных климатических условиях Хартума, во многом зависит от того, насколько правильно разработаны нормативные, теоретические и практические рекомендации по проектированию жилой застройки с учетом местных условий и требований по улучшения ветрового режима. Ветер оказывает существенное влияние и на состояние запыленности воздушного бассейна города. Рассмотрены также вопросы дальнейшего территориального развития прибрежных территорий жилой застройки Голубого и Белого Нила. Изучены жилые застройки требующие проведения мероприятий с учетом общих закономерностей изменения скорости и запыленности воздушной среды. Приводятся результаты исследования по изучению характера обтекания воздушным потоком природной преграды или здания. Представлена аналитическая зависимость изменения скорости в зависимости от направления ветра относительно фронта застройки. Предлагаются меры по улучшению ветрового режима и запыленности прибрежной полосы Голубого и Белого Нила.*

**Ключевые слова:** прибрежная территория, тепло-влажностной режим, запыленность, ветровой поток, жилая застройка.

Судан называют страной саванн и пустынь, но за этим общим определением скрывается довольно большое разнообразие природных условий. Оно объясняется не столько различиями в рельефе (большая часть страны представляет собой слабо расчлененное плато), сколько разницей в широтном положении, которое определяет климатические условия. Территория страны располагается в пределах древней Африканской платформы. Хорошо выражена смена широтных зон – от «классической» пустыни на севере до тропических лесов на юге.

Крупнейший город Хартум – столица Республики Судан, исторически образовался из трех сопредельных городов: Хартума, Омдурмана и Северного Хартума. Побережье Голубого и Белого Нила – это территории наиболее благоприятные с точки зрения градостроительства. В современном градостроительстве Хартума учет местных природно-климатических особенностей приобретает все большую актуальность, наряду с антропогенными факторами. Особенности рельефа и наличие Нила, являются основными природно-климатическими характеристиками, которые формируют геоэкологические и микроклиматические предпосылки к

архитектурно-планировочной структуре жилой застройки. Климат Хартума отличается необычной сухостью. Осадков здесь практически нет (несколько десятков миллиметров в год, рис. 1.).

Планировка и застройка в экстремальных неблагоприятных климатических условиях Хартума, во многом зависит от того, насколько правильно разработаны нормативные, теоретические и практические рекомендации жилой застройки этих городов с учетом местных условий и требований по улучшения тепло-влажностного режима. Природно-климатические факторы оказывают влияние на структуры города, на приемы формирования градостроительной среды и характера воздействия на окружение [1].

Одним из главных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование внешней среды, наряду с температурой воздуха, является ветер. Ветер оказывает существенное влияние на состояние запыленности воздушного бассейна города. Наряду с этим ветер способствует теплосъему с деятельной поверхности застройки, влияя тем самым положительно на тепло-влажностный режим жилой застройки [2].

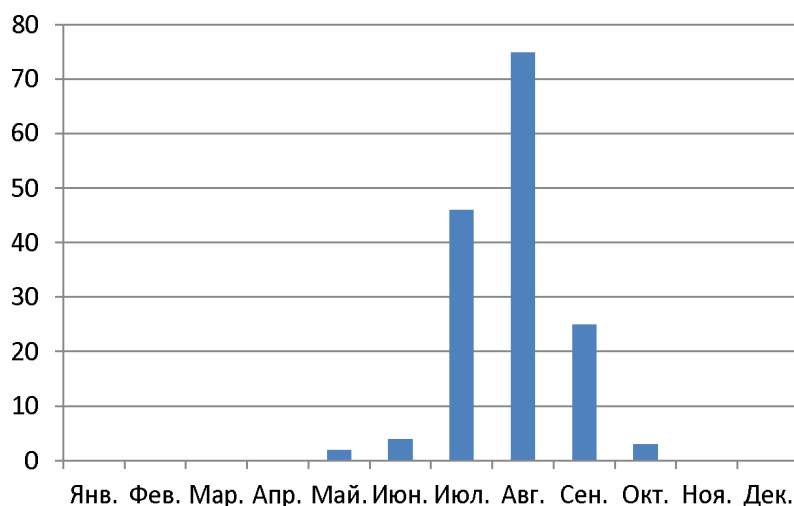


Рис. 1. Количество осадки в г. Хартуме в (мм)

Для изучения влияния Голубого, Белого Нила и Нила нами были проведены натурные наблюдения. Целью натурных наблюдений является определение влияния реки на скорость и направление ветра в жилой застройке. При этом решалась задача, определения ширины зоны влияния реки в различных градостроительных условиях. Скорость и направление ветра измерялись чашечным анемометром Atmos и указателем направления. Перед измерением проводилась сверка приборов. Общие погодные условия в районе г. Хартума принимались по данным метеостанций «Аэропорт».

Постановка ряда натурных наблюдений при изменении расстояния между однотипными зданиями позволила определить взаимовлияние их на формирование ветрового режима и выделить зоны с пониженными скоростями. Это дает возможность разрабатывать варианты планировочного решения с таким размещением зданий и элементов благоустройства, которое обеспечивает более благоприятные условия жизнедеятельности человека.

В зависимости от характера использования и планировочной организации прибрежных территорий микроклиматическое влияние акватории может распространяться на значительное расстояние в глубину города или ограничиваясь узкой полосой вдоль побережья [3].

Ширина зоны влияния Нила и микроклиматические характеристики в значительной степени зависят от ветрового режима. Ветровой режим в прибрежной зоне зависит от направления господствующего ветра и планировочной сети улиц. Основные ветровые потоки распределяются по улицам, параллельным преобладающему направлению ветра.

Ветровой поток, преодолев береговой склон и пространство верхней террасы, поступает в пределы застроенной территории города и претерпевает трансформацию, как по скорости, так и по направлению. Изолинии значений скорости имеют сложное очертание, не позволяющее анализировать трансформирующее влияние отдельных элементов комплекса застройки. Представляется возможным выделить лишь общих закономерностей изменения скорости и направления (рис. 2).

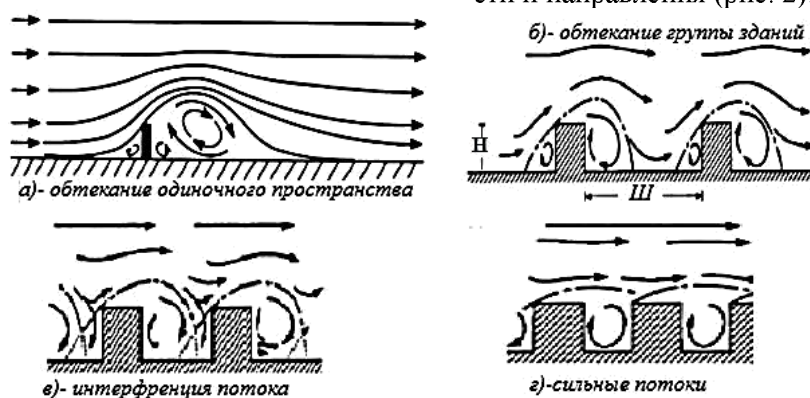


Рис. 2. Примеры обтекания воздушным потоком различных типов застройки: а) - отдельно стоящие здания (соотношение расстояния между зданиями  $\Pi$  к их средней высоте  $H$  составляет  $\Pi/H > 0$ ); б) - среднеплотная застройка ( $H/\Pi > 0.7$ ); в) и г) - высокоплотная застройка

В замкнутых дворовых пространствах скорость ветра существенно снижается, возникают обратные течения и завихрения. Направление и скорость потоков, проникающих в дворовое пространство через разрывы между зданиями, отличаются от первоначальных значений [4].

Внутренние открытые пространства застройки характеризуются выравниванием скоростей потоков и приближением их по направлению к первоначальному. На подветренной территории скорость ветра понижается, преобладают потоки, направленные из застройки на подветренную улицу через разрывы между зданиями.

Заметно снижение скорости ветра вдоль фасадов зданий, параллельных направлению основного потока. В условиях, характерных значительным подпором потоков, в разрывах между зданиями скорость ветра может превышать первоначальное значение на 20 % – 40 %.

Характер обтекания воздушным потоком преграды – здания зависит от комплекса факторов: конфигурации, размеров, конструкции, других характеристик преграды, а также от граничных и начальных условий, т.е. состояния шероховатости подстилающей поверхности и степени деформации профиля потока в начальном сечении, с которого начинается тормозящее влияние здания. При направлении ветра, перпендикулярном фасаду здания выявлены следующие зоны потока: невозмущенная, вытеснения, разрежения и область следа, различающиеся характером изменения скорости воздушного потока (рис. 3).

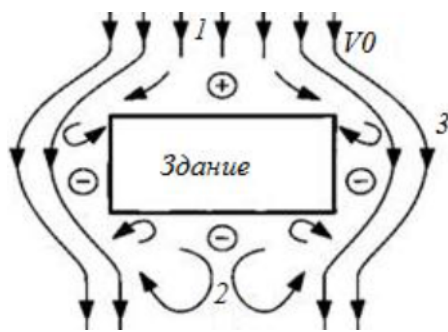


Рис. 3. Схема направления ветра, перпендикулярного фасаду здания: 1 – наветренный фасад; 2 – заветренный фасад; 3 – боковые фасады;  $V_0$  – скорость ветра, м/с

При обтекании здания воздушный поток огибает его сверху, с боков, а у основания образуется слабое возвратное течение. Давление воздуха с наветренной стороны повышается. На углах наветренной стены скорость ветра возрастает. С подветренной

стороны здания возникает зона, где потоки перемещаются в обратном направлении по отношению к движущемуся потоку.

Скорости, осредненные по высоте, меньше скоростей в набегающем потоке. Вдоль по потоку на расстоянии 8–10 высоты здания-Н защитное влияние здания ослабевает, и поток постепенно возвращается к первоначальному состоянию.

Коэффициент ослабления ветра определяется плотностью застройки, размерами и конфигурацией зданий, расстояниями между ними и планировочными приемами расстановки. Снижение скорости происходит за счет трения потока о поверхности фасадов зданий, а также уменьшения общего расхода потока при его рассредоточении по боковым улицам (поперечным). В поперечном сечении продольной улицы скорость изменяется от 0,8–1,2 на оси улицы до 0,5–0,7 на линии застройки.

Зоны завихрений отмечаются с наветренной торцевой стороны отдельных домов и за жилой застройкой. С наветренной части торцов застройки потухающие потоки создавали зону повышенных скоростей, от которой потоки далее проходили перекресток и отклонялись на улицу, параллельную руслу реки. При ступенчатой трассе движения отдельных потоков, в общем, сохраняется первоначальное направление ветра.

Наибольшие значения скоростей отмечаются с наветренной стороны крайних жилых застроек и на участках улиц, параллельных руслу реки, ограниченных ими. При данном направлении ветра отмечается определенная закономерность движения потоков:

- каждый квартал обтекают направленные потоки, перемещающиеся вдоль улиц;
- на перекрестках скорости ветра возрастают и часть потока, отклоняясь от основного направления, поступает в заветренную сторону кварталов;
- в заветренной части образуется зона с пониженными скоростями ветра и завихрениями;
- повышенные скорости ветра отмечаются на углах кварталов, особенно крайних и у торцевой части.

В заветренной части застройки скорости ветра составляют величины 0,4–0,75 от первоначальной скорости ветра. Зоны пониженных скоростей образуются за средними жилыми застройками или отдельными жилыми домами, где отсутствует боковое влияние потоков жилых застроек [5].

Количественные изменения скорости ветра можно определить, принимая за основу среднюю скорость ветра. Приведенные данные поз-

воляют выявить закономерности изменения скорости в зависимости от направления ветра относительно фронта застройки. Изменение средней скорости ветра на улицах, направление ветра к продольной оси которых, перпендикулярно, определяется уравнением:

$$V = V_{90}[k - \sin \alpha (k - 1)] \quad (1)$$

где,  $V = \left(\frac{V}{V_0}\right)$  – средняя скорость на улицах;  $V_0$  – исходная скорость ветра на метеостанции, преобразованная к условиям жилой застройки, м/с.;  $k$  – коэффициент, зависящий от размещения зданий, ширины улиц, плотности, шероховатости окружающих и подстилающих поверхностей в среднем  $k = 1,25 \pm 0,25$ ;  $V_{90} = \left(\frac{V}{V_0}\right)_{90}$  – средняя скорость ветра на улице, при ветре, перпендикулярном фронту жилой застройки.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наименьшие скорости ветра отмечаются на улицах, где направление ветра перпендикулярно их продольной оси.

Аэрация внутренних дворовых пространств жилой застройки осуществляется поступающими сверху через здания потоками, имеющими средние относительные скорости 0,32–0,82. Данные измерений позволяют определить изменения скоростей в кварталах в зависимости от направления ветра. Изменение средней скорости ветра в застройках в зависимости от направления ветра определяется уравнением следующего вида:

$$V = V_{90} \times [1 + \cos \varphi \times (k - 1)] \quad (2)$$

$V_{90}$  – средняя скорость ветра в жилой застройке при направлении ветра, перпендикулярном фронту исследуемой жилой застройки;  $\varphi$  – угол направления ветра.

Изменение микроклимата в жилой застройке, расположенной на побережье, зависит от ее плотности и характера. Так, например, с увеличением плотности застройки у реки снижается скорость ветра. Параллельное размещение застройки к Нилу способствует ее лучшему проветриванию и проникновению воздушного потока в глубину города. Так же большое влияние оказывает характер озеленения, а в частности, зеленые насаждения в прибрежной зоне. Так, например, наличие зеленых насаждений в прибрежной зоне способствует сохранению влажности и уменьшению ветровых нагрузок.

В настоящее время архитектурно-градостроительное развитие прибрежных территорий в Хартуме не всегда является оптимальным с точки зрения обеспечения благоприятного

влияния Нила. Как правило, это связано с близким расположением застройки к урезу воды, недостаточной шириной полосы озеленения, очень часто применяемые планировочные приемы не учитывают проникновения бризов вглубь застройки, что было доказано путем теплофизического моделирования [6].

Таким образом, с целью улучшения микроклиматического и биоклиматической оценки жилой застройки в условиях жаркого и сухого климата прибрежных территорий Нила необходимо использовать благоприятное воздействие реки. В связи с этим можно рассмотреть ряд мероприятий [7].

Следует применять планировочные приемы, обеспечивающие проникновение воздушных масс как можно дальше вглубь застройки. Необходимо учитывать влияние Нила, которое усиливается при создании на прибрежных территориях озелененных пространств, использования приемов застройки, раскрытой в сторону реки, и ослабевает при размещении на этих территориях промышленных предприятий, при расположении застройки близко к береговой полосе, а также при наличии на прибрежных территориях значительных по площади искусственных покрытий. Следует избегать устройства транзитного движения или переносить его за пределы прибрежных территорий, а также сокращать и выводить промышленные предприятия технологически не связанные с рекой. Необходимо дифференцировать прибрежные территории на микроклиматические районы в зависимости от степени их воздействия на город и использовать в соответствии с его особенностями.

Жилую застройку на прибрежных территориях необходимо располагать так, чтобы она находилась в зоне микроклиматического влияния реки. При размещении застройки у реки она не должна быть ближе от уреза воды от 100 до 400 м. Такое размещение способствует улучшению проветряемости в жаркий период. Разрывы между урезом воды у Нила и застройкой рекомендуется использовать под парки, набережные и т.д.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки. М: Стройиздат, 1986. С. 61.
2. Шукуров И.С. Методика расчёта интегрального градостроительного показателя, характеризующего развитие территорий жилой застройки // Недвижимость: экономика и управление. 2014. № 1, 2. С.43–47
3. Махонько К.П. Возникновение ветрового переноса пыли над подстилающей

поверхностью. Сб. конференции по метеорологической деятельности комиссии атомной энергии. США, май 19-22, 1964 г., отдел научно технической информации, Обнинск. 1967

4. Реттер Э.В. Моделирование при изучении микроклимата зданий и их комплексов. В сб.: Климатическое районирование для проектирования жилищ» М.: 1969

5. Чистякова С.Б. Учет климата и регулирование микроклимата при благоустройстве и

озеленение города. В кн.сб. Исследование по микроклимату и шумовому режиму населенных мест. М. Стройиздат, 1965, вып.3., С. 20–28.

6. Шукуров И.С., Ахмед Эламин М.А. Влияние Голубого и Белого Нила на градоэкологию прибрежных урбанизированных территорий Хартума. ПГС. № 3. 2016. С.15–19

7. Кратцер П.А. Климат города. М.: Изд. иностранной литературы, 1958. С. 239.

---

**Shukurov I.S., Ahmed Elamin M.A., Mikiri K.I., Zebilila M.H.**  
**INFLUENCE OF BUILDING OF THE COASTAL TERRITORY OF NILE ON THE WIND PATTERNS AND DUST CONTENT OF KHARTOUM (REPUBLIC OF THE SUDAN)**

*In this article the problems of influence of the coastal territory of Blue and White Nile on the wind patterns and dustiness of building of Khartoum are revealed. One of the main factors having significant effect on the formation of external environment along with air temperature, solar radiation and air humidity is wind. Planning and building in extreme adverse climatic conditions of Khartoum, in many respects depends on the building standard, theoretical and practical recommendations on designing of housing estate, taking into account the local conditions and requirements on improvements of wind conditions. Wind has significant effect on the condition of dust content of the air basin of the city. The questions of further territorial development of coastal areas of residential development of the Blue and White Nile also are considered. The study looked at residential development requiring actions, taking into account the general laws of speed variation and dustiness of the air environment. The paper presents the results of studies of the nature of air flow around natural obstacles or buildings. Presents analytical relationship of the velocity changes depending on the wind direction relative to the front of building. Measures for improvement of the wind regime of the coastal strip and dustiness of Blue and White Nile are proposed*

**Key words:** coastal territory, warm and moisture patterns, dust content, wind stream, housing estate.

---

**Шукуров Илхомжон Садриевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»  
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26  
E-mail: shukurov2007@yandex.ru

**Ахмед Эламин Мохтар Адам**, аспирант кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»  
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26  
E-mail: ahmedelamin@mail.ru

**Зебилила Мохаммед Динн- Халис**, аспирант кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»  
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26  
E-mail: halisghx@mail.ru

**Микири Карим Имад** аспирант кафедры «Проектирования здания и градостроительство»

НИУ «Московский государственный строительный университет»  
Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26  
E-mail: goa68@yandex.ru