

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРОДСКИХ КАНЬОНОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРА И КОМФОРТНОСТЬ МИКРОКЛИМАТА ГОРОДА МИНСКА

А. О. Сычевский

кафедра общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г.Минск

П. А. Силков, М. В. Бируков

кафедра почвоведения и ГИС факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г.Минск, a.l.g.o.r@mail.ru

Т. В. Шлендер

кафедра общего землеведения и метеорологии факультета географии и геоинформатики БГУ, г.Минск; научный сотрудник НИИЦ мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета, г.Минск

И. И. Бручковский

кандидат физико-математических наук НИИЦ мониторинга озоносферы Белорусского государственного университета, г.Минск, timajaya@mail.ru

Определенное расположение зданий в городе создает эффекты проветривания и застоя воздуха. В связи с этим возникают своеобразные зоны в застройке, такие как «городские каньоны», которые приводят к различной циркуляции ветра и комфортности микроклимата. В данной работе была приведена оценка влияния городских каньонов на характеристики ветра и комфортность микроклимата г. Минска. Были проведены полевые инструментальные замеры скорости и направления ветра г. Минска в условиях городских каньонов. Скорость ветра в исследуемых городских каньонах г. Минска имела значения на 2-2,5 раза выше, чем не ориентированные улицы к основному потоку ветра. В итоге построены карты городских каньонов г. Минска с использованием методов ГИС.

Ключевые слова: городской каньон; городская застройка; комфортность микроклимата; продуваемость.

Городской каньон – это территория, которая ограничена с обеих сторон высоким препятствием и имеет определенную протяженность. Препятствием могут быть как рельеф, например, в виде склонов; здания и другие инженерные сооружения; деревья или лес. Когда воздушный поток имеет схожую ориентацию с направлением каньона, то, согласно закону Бернулли, скорость потока будет увеличиваться. Если же поток имеет перпендикулярное направление по отношению к каньону или же его скорость будет мала, то будут возникать своеобразные вихревые потоки, а иногда и зоны застоя воздуха [1].

Основные элементы, определяющими направление и скорость приземного ветра в городах, являются термическое воздействие самого города и

шероховатость [2]. Факторы, определяющие шероховатость городской поверхности, являются здания. В отличие от растительных элементов, здания непроницаемы, негибки и обычно имеют острые края. Их наличие вызывает сильные возмущения ветра в их окрестностях, наблюдается уменьшение средней кинетической энергии и увеличение турбулентной кинетической энергии. Здания также часто обладают отличными радиационными, тепловыми и влажностными свойствами, поэтому они становятся источником сухих тепловых потоков, вызывающих тепловую турбулентность. Вместе эти инженерные и тепловые характеристики определяют масштабы длины воздушного потока и турбулентности в окружающей атмосфере, особенно в зоне городского слоя [3].

Обычно используют наземные методы определения скорости и направления ветра, например, аэродинамическая труба, которая используется для макетов улиц городов. Но чаще всего, для более подробного изучения скорости и направления ветра в городских условиях, используют численные модели [4] были рассмотрены случаи изолированного кубического здания, где средний воздушный поток при приближении перпендикулярен его наветренной стороне.

Непосредственное влияние оказывает и ветер на микроклимат города. Ветровой режим приземного слоя воздуха в условиях городской застройки принято называть аэрационным режимом. Аэрационный режим считается комфортным, если скорости ветра на территории застройки находятся в пределах от 1 до 5 м/с. Участки городской территории, где скорость ветра меньше 1 м/с, относятся к непроветриваемым, а более 5 м/с – к зонам продувания. Отдельно выделяются комфортный аэрационный режим (скорость ветра от 1 до 3 м/с) и аэрационный режим, близкий к комфортному (скорость ветра от 3 до 5 м/с). Непроветриваемые участки городской территории, или зоны застоя воздуха, создают антисанитарное состояние [5]. Наибольшие превышения концентрации загрязнителей воздуха обычно наблюдаются в каньонах с большой высотой и шириной зданий. Это объясняется по следующим причинам: уменьшение смешивания воздуха внутри каньона с вышележащей атмосферой над ним и большие выбросы загрязнителей воздуха транспортными средствами. Концентрация загрязняющих веществ в воздухе сильно варьируется в зависимости от расположения внутри каньона относительно направления и величины приближающегося потока [6].

В связи с этим проблема продуваемости города и ее влияние актуальна в плане качества атмосферного воздуха и комфортности населения. Целью данной работы является определение городских каньонов города Минска и их влияние на характеристики ветра. Для этого были проведены инструментальные съемки скоростей ветра анемометром на улицах г. Минска и с помощью спутниковых и ГИС средств создана карта городских каньонов.

Методы и данные. В исследовании использовался ручной анемометр Мегеон 11030, который представляет собой высокоточный анемометр с интегрированным метеорологическим флюгером (рисунок 1).

Данный прибор используется для проведения силы и скорости воздушного потока. Анемометр Мегеон 11030 поддерживает несколько режимов измерения: определение средней скорости воздушного потока, измерение порывов ветра, удержание полученных результатов. Низкое сопротивление вращения обеспечивает высокую точность и минимальную погрешность при измерениях. Для каждой точки маршрутных замеров производилось минимум 5 измерений показателей скорости и направления ветра. Потом высчитывалось одно среднее значение из полученных пяти значений для каждой точки замера маршрута. Вначале фиксировались порывы ветра с помощью мгновенной функции определения скорости ветра. После, с помощью функции прибора, которая усредняет значения за 1 минуту, фиксируется на экране анемометра значение скорости ветра. Показания направления ветра определялись визуально. Все показания отдельно записывались.



Рис. 1. Анемометр Мегеон 11030

Данные приборы позволяют производить наземные измерения метеорологических параметров в конкретной локально климатической зоне города. Недостатком данного метода является ограниченность измерений в локальной точке, малое количество приборов, протяженность измерений во времени по маршруту, что создает определенные отклонения в измерениях в конкретный момент времени по отношению к прошлой точке.

Для формирования итоговых карт каньонов г. Минска использовались ранее полученные результаты наземной инструментальной съемки. В качестве визуального выделения городских каньонов выделялись здания, которые расположены по обе стороны улиц города, с различной высотой (менее 15 метров, 15-25 метров и более 25 метров). Для этого использовались карты г. Минска из Google Earth и Яндекс панорамы всех улиц города Минска. Итоговые карты создавались в программном средстве ГИС QGIS на основе шейп файла зданий г. Минска из Open Street Maps.

Результаты. Для проведения инструментальной наземной съемки изменения скоростей и направления ветра рассматривались потенциальные места с высокими зданиями по обе стороны улицы в г. Минске, которые имеют большую протяженность. В итоге были выбраны проспект Дзержинского (маршруты около района метро Малиновка и около метро Грушевка), проспект Притыцкого (в районе метро Каменная горка), проспект Машерова (от метро пл. Победы до Комсомольского озера) и проспект Независимости (от района метро Институт Культуры – пл. Победы), ул. Жуковского -Воронянского. В итоге получились 6 маршрутов, которые проводились в разные дни. Так как это единственный прибор, то временной промежуток между началом и концом измерений был не более 1ч 30 минут, чтобы синоптическая ситуация была приблизительно однородная в каждой точке маршрута. Все показания инструментальной съемки показали, что скорости ветра увеличиваются в зонах каньонов в 2 -2,5 раза по сравнению с зоной свободной от высоких зданий по обе стороны улицы. Так же не маловажным фактором повышения скорости ветра является высота рельефа. На возвышенных местах, таких как возле метро Грушевка, выезд на Гродно (улица Притыцкого).

Так как показатели характеристик ветра (направление и скорость) имели схожие тенденции по всем сериям замеров на одном и том же маршруте, то можно сделать вывод о определенной стационарности всей системы «высота, ориентация зданий - скорость и направление ветра». Так как ориентация улиц города по большей части имеет стационарный характер, а направления ветра тоже постоянна по восьми основным румбам и скорости ветра от 0 до 20 м/с (для территории Беларуси значения не больше 20 м/с), то все это можно систематизировать или же параметризовать для всего города Минска, применяя спутниковые и ГИС средства.

В итоге, были выделены зоны каньонов г. Минска по следующим ориентациям – С-Ю, З-В, СВ-ЮЗ и СЗ-ЮВ. Также была проведена небольшая классификация каньонов по их высоте: менее 15 метров, 15-25 метров и выше 25 метров. Получены карты городских каньонов г. Минска с различными ориентациями направлений (рисунки 2-6).

Видно, что основная зона каньонов располагается в спальных районах столицы – Запад, Красный Бор, Каменная Горка, Юго-запад, Серебрянка, Уручье. По большей части это спальные районы новой застройки города, так как в центре наблюдаются здания исторического плана, с низкой высотой. Скорость ветра в зонах каньонов будет увеличиваться в 2-2,5 раза по отношению основному ветровому потоку. Чаще всего встречаются каньоны с северной составляющей направления ветра, что может отразиться на комфортности людей, проживающих в данных частях города, особенно при северном ветре, который приносит холодный воздух. Основным природным каньоном в пределах города является пойма реки Свислочь, которая имеет ориентацию направления с северо-запада на юго – восток.

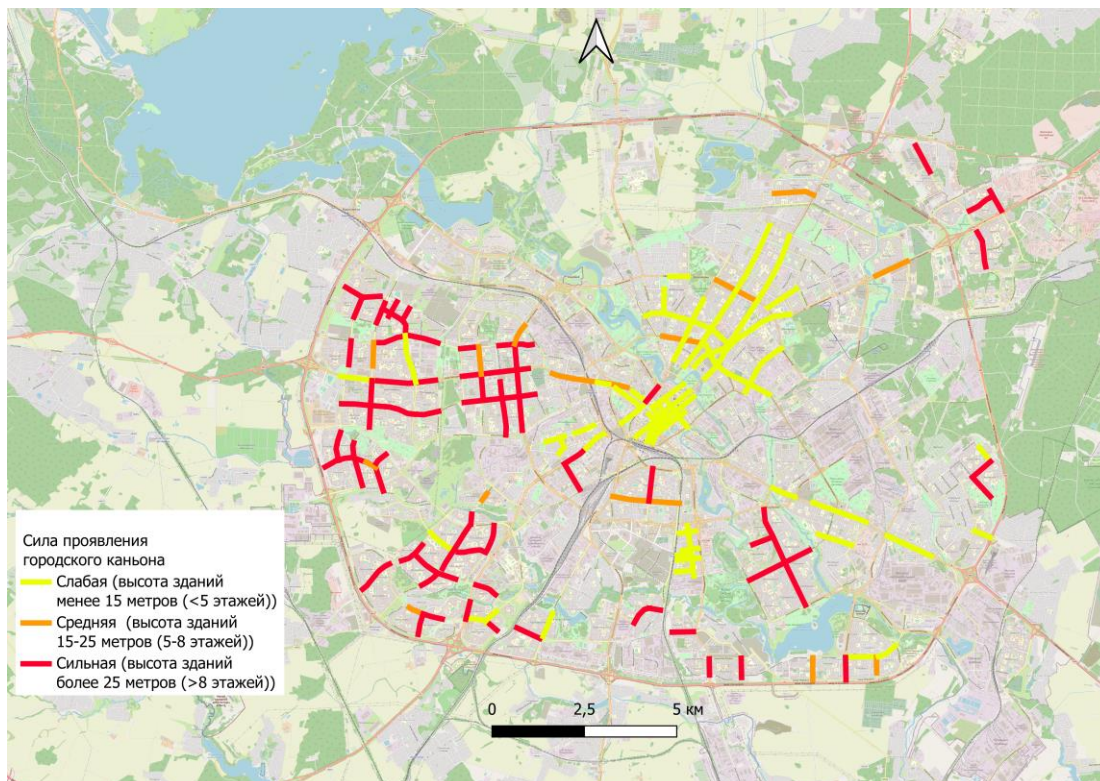


Рис. 2. Карта улиц г. Минска с каньонами зданий различной высоты

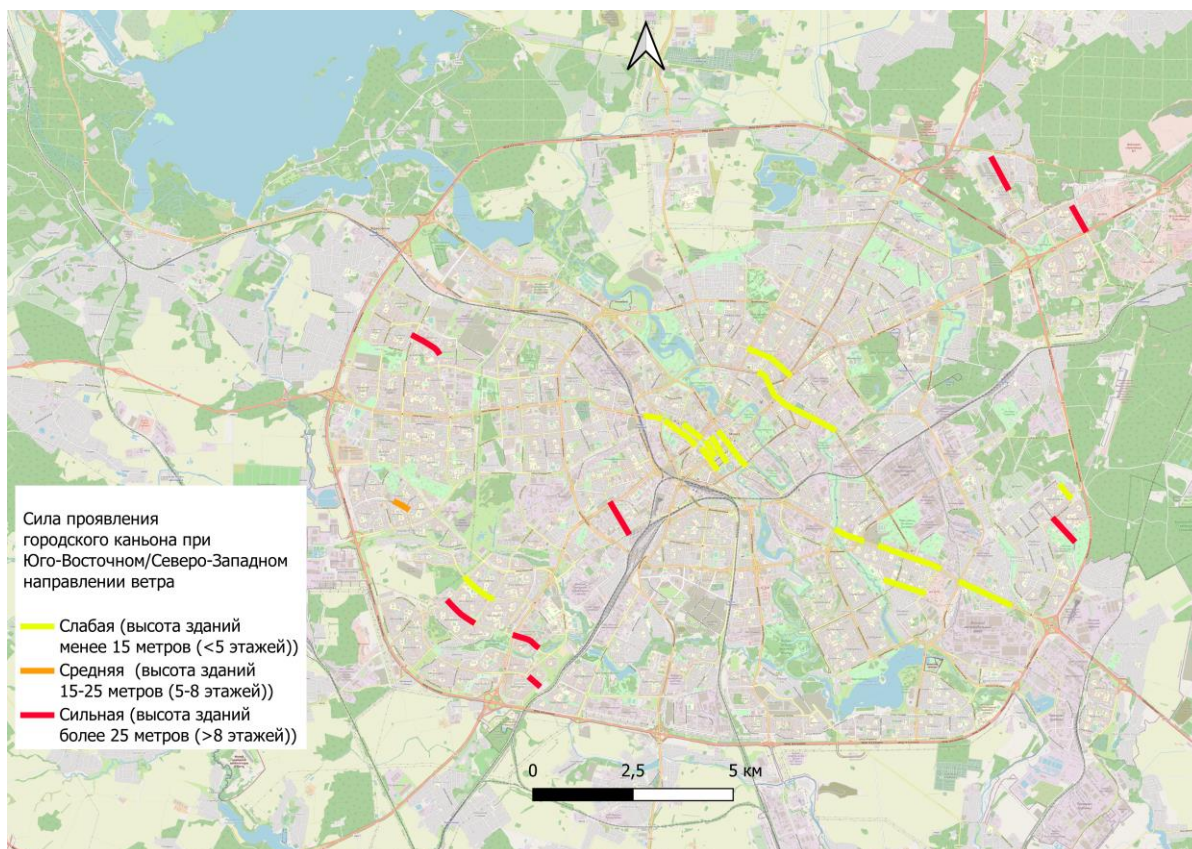


Рис. 3. Карта улиц г. Минска с каньонами зданий различной высоты северо-западной ориентации

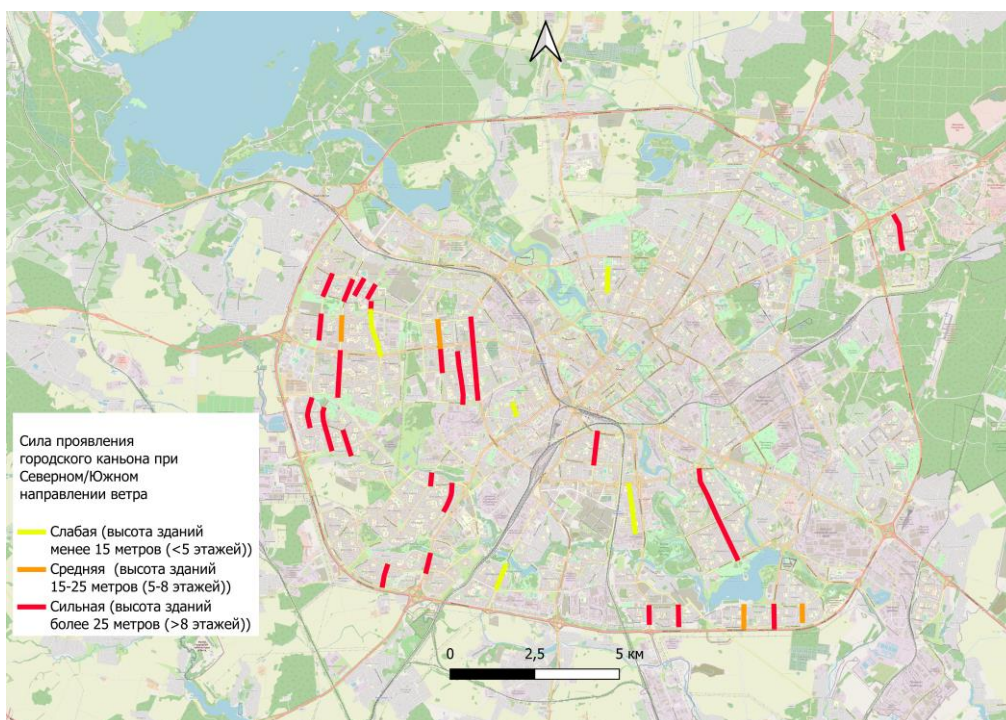


Рис. 4. Карта улиц г. Минска с каньонами зданий различной высоты северо-южной ориентацией

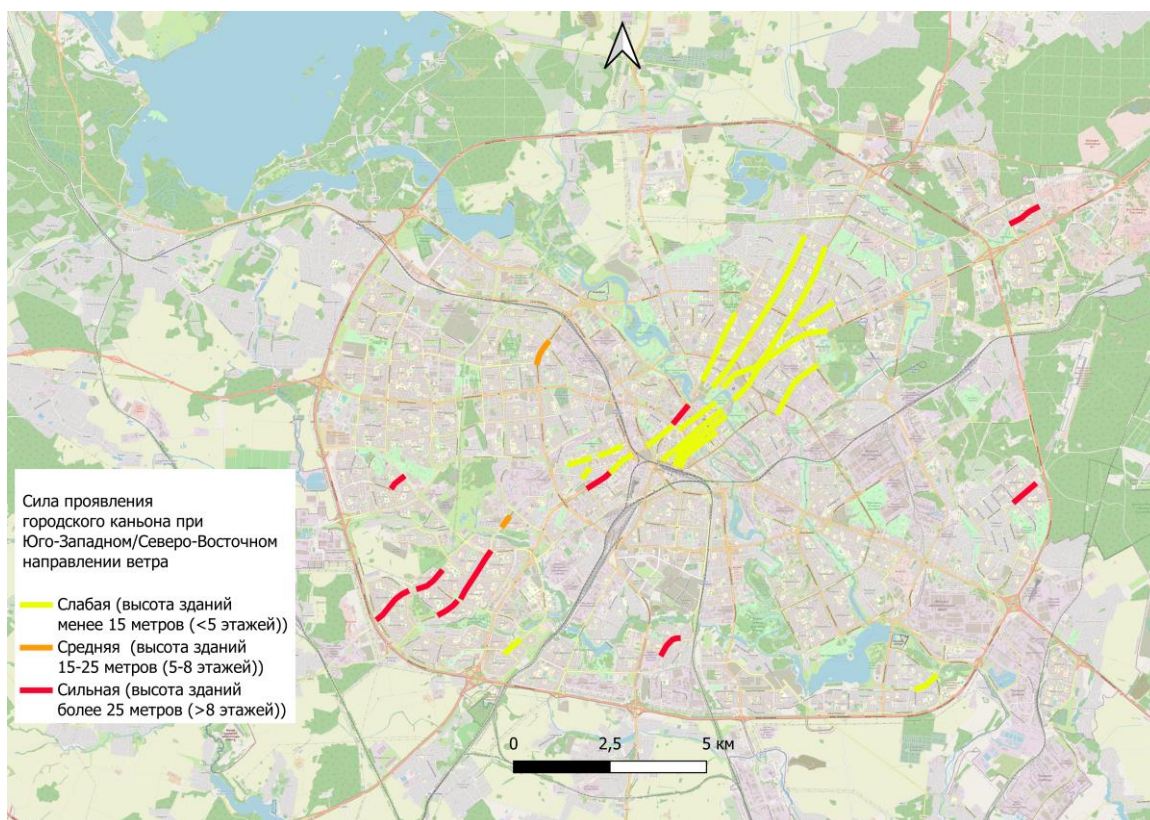


Рис. 5. Карта улиц г. Минска с каньонами зданий различной высоты северо-восточной и юго-западной ориентацией

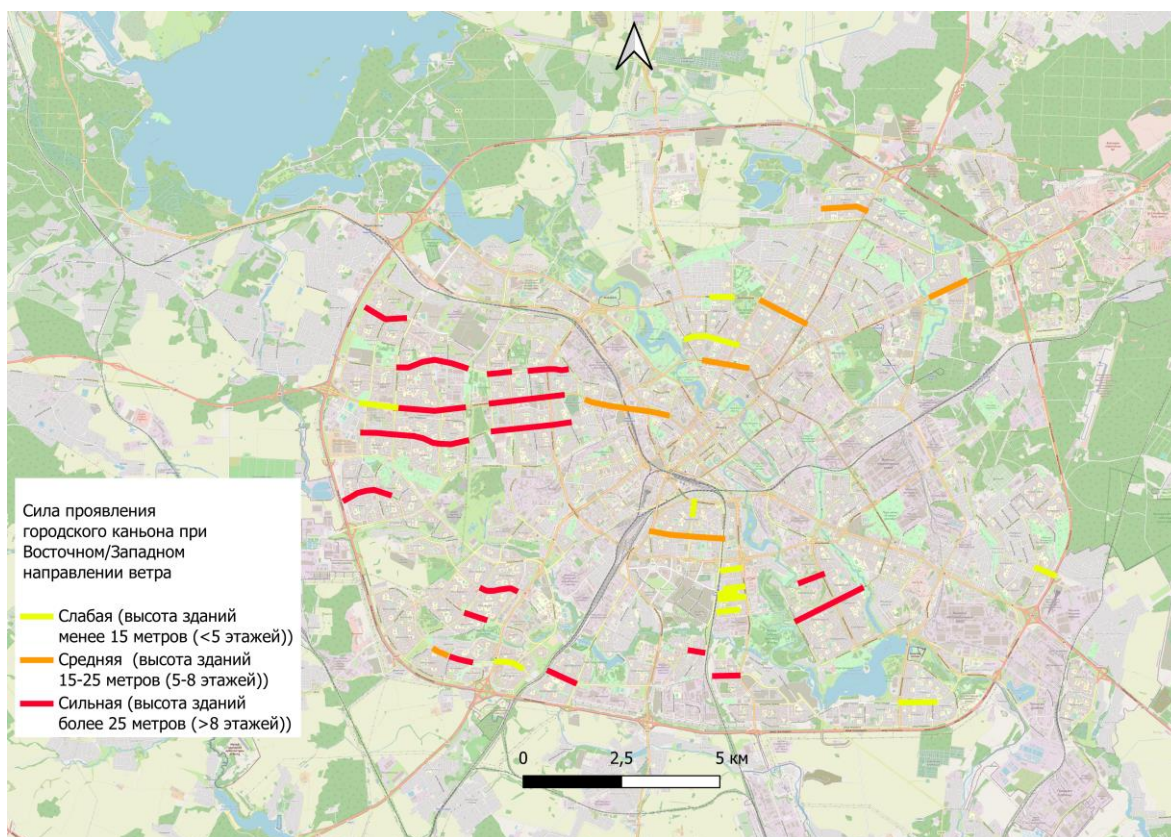


Рис. 6. Карта улиц г. Минска с каньонами зданий различной высоты западно-восточной ориентацией

С другой стороны, подобные зоны каньонов в спальнях районах города способствуют выносу загрязняющих веществ и обильному проветриванию улиц, так как основные преобладающие направления ветра в г. Минске это западные и северо-западные.

Выводы. Используемые приборы в наземной инструментальной съемке позволяют производить наземные измерения метеорологических параметров в конкретной локально климатической зоне города. Недостатком данного метода является ограниченность измерений в локальной точке, малое количество приборов, протяженность измерений во времени по маршруту, что создает определенные отклонения в измерении в конкретный момент времени по отношению к прошлой точке измерения.

В итоге, наземные инструментальные измерения городских уличных каньонов г. Минска не противоречат ранее полученным зарубежным модельным оценкам движения скоростей и направления воздушного потока в городских условиях. Городские каньоны, ориентация зданий, форма зданий, высокий рельеф, согласно физическим законам, изменяют параметры воздушного потока, например, ускоряют воздушный поток в данном измеряемом участке. Скорость ветра в исследуемых городских каньонах г. Минска имела значения на 2-2,5 раза выше, чем не ориентированные улицы к основному потоку ветра. Зоны, которые

расположены на перекрестках подвержены вихревым движениям воздушных потоков и усилениям скоростей потоков ветра с примыкающих направлений улиц. Также важно отметить, что в точках с наивысшей скоростью ветра наблюдаются наименьшие значения приземной температуры воздуха. Каньоны с северной составляющей направления ветра чаще встречаются в г. Минске, что может отразиться на комфортности людей. С другой стороны, такие зоны положительно влияют на продуваемость загрязняющих веществ воздуха. Полученные результаты являются хорошей основой для развития автоматического алгоритма определения каньонов г. Минска и развития детальной оценки комфортности населения с учетом биоклиматических индексов комфортности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Oke T.R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology*, 1981, – №1 – P. 237–254.
2. Ландсберг, Г.Е. Климат города. - Л.: Гидрометеоздат, 1983. - 248 с.
3. Oke T.R. Urban observations. In: *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, Part II-Observing Systems, Chapter 11, WMO-No.8, 7th Edition, World Meteorological Organization, Geneva, 2008, II-11-1 – II-11–25.
4. Yakhot A, Liu H., Nikitin N. Turbulent flow around a wall-mounted cube: A direct numerical simulation. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 2006, 27, – p. 994–1009.
5. Хомич В. А. Экология городской среды: учебное пособие / Хомич В. А. – Москва: Издательство АСВ, 2006. – 240 с.
6. Oke T., Mills G., Christen A., Voogt J. *Urban Climates*. Cambridge University Press. 2017. – 542 p.