



АНАЛИЗ ГОРОДСКОГО ТЕПЛОВОГО ОСТРОВА СРЕДСТВАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: городской тепловой остров имитационное моделирование, зеленая инфраструктура, квартал

С. В. Корниенко, доктор техн. наук, заведующий кафедрой «Архитектура зданий и сооружений»
Е. А. Дикарева, аспирант кафедры «Архитектура зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Достичь повышения комфортности и безопасности городской среды возможно благодаря использованию инструментов цифровизации. Например, на основе имитационного моделирования микроклимата с помощью программно-вычислительного комплекса ENVI-met можно установить повышение температуры урбанизированных территорий по сравнению с зелеными зонами, что подтверждает эффект образования теплового острова в жаркий период года. Предлагаем обоснование стратегии смягчения городского острова теплоты за счет совершенствования зеленой инфраструктуры.

Урбанизация ставит перед градостроителями сложную задачу повышения комфортности и безопасности городской среды [1]. Один из важных аспектов решения этой проблемы – обеспечение оптимальных параметров микроклимата и качества окружающей среды [2].

Повышение температуры поверхностей в мегаполисе по сравнению с прилегающими озелененными территориями приводит к формированию городского острова теплоты [3].

Но как обнаружить городской тепловой остров?

Методы поиска городских тепловых островов

Методы измерения и мониторинга температуры окружающей среды на основе метеорологических наблюдений не всегда могут обеспечить быстрый поиск городских тепловых островов. Современный метод неразрушающего контроля – «тепловое прослушивание» городов на основе оптического дистанционного зондирования поверхности искусственными спутниками Земли [4]. Оно дает возможность оперативно определить территории с повышенными температурами, выявить возможность формирования городского теплового острова (рис. 1), оценить теплотехническое качество городов [5].

Метод «теплового прослушивания» – это ценный инструмент, позволяющий достаточно точно определить температуру участков в различные моменты времени и, следовательно, наблюдать за динамикой изменения городских тепловых островов. Однако он не позволяет выполнить оценку городских тепловых островов при прогнозировании и принятии градостроительных решений, направленных на повышение комфортности и безопасности городской среды.

Свою эффективность как метод исследования сложных механизмов формирования городского климата уже на стадии градостроительного планирования доказало численное моделирование. За последние два десятилетия методы численного моделирования получили интенсивное развитие. Они реализованы в современных компьютерных программах. Численные модели позволяют исследовать сложные нелинейные процессы теплообмена в гетерогенных средах, что особенно важно при изучении вопросов городского климата.

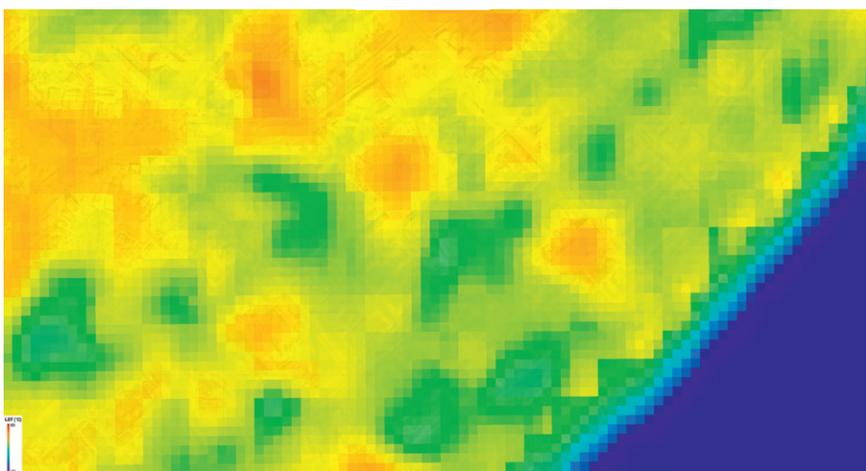


Рис. 1. Тепловое изображение фрагмента территории Волгограда, полученное на основе оптического дистанционного зондирования

Благодаря внедрению новых информационных технологий численные модели постоянно совершенствуются. Численное моделирование дает возможность оценить эффективность стратегий смягчения городского климата на основе сценариев «what-if», поэтому оно, безусловно, эффективно при решении задач территориального планирования в целях обеспечения устойчивого развития территорий.

Для моделирования теплообменных процессов в городской среде широко применяют методы энергетического баланса (Energy Balance Model, EBM) и вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD). Область применения EBM ограничена возможностью исследования только тепловых процессов, поэтому данный метод в общем случае неприменим для оценки микроклимата при совместном воздействии тепловых и воздушных потоков на здания

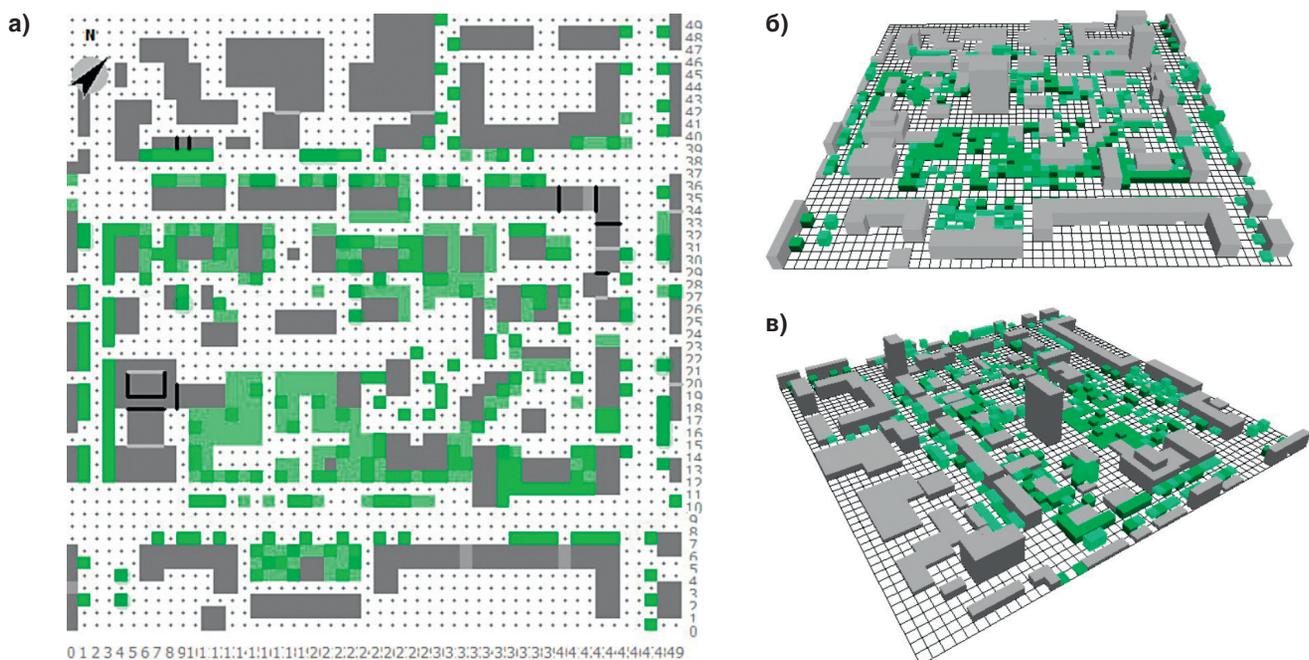


Рис. 2. Вид исходной модели квартала в ENVI-met: а – план; б, в – перспективные изображения

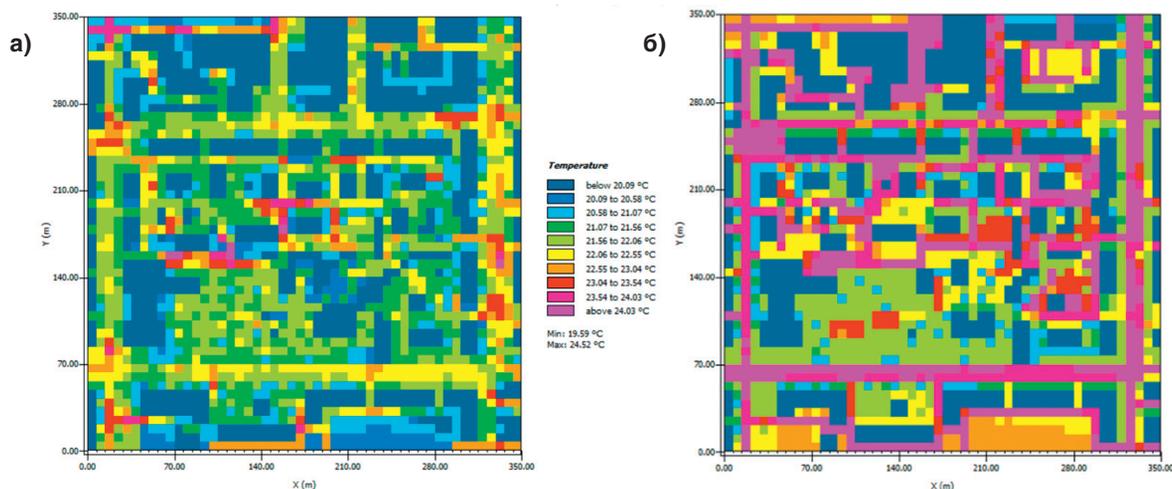


Рис. 3. Тепловые изображения для исходной модели квартала, полученные в ENVI-met в различные моменты времени: а – 6:00; б – 12:00

вследствие аэрации городских территорий. Метод CFD, основанный на механике сплошных сред, позволяет рассчитать тепловые, скоростные, радиационные поля и, следовательно, является мощным средством моделирования микроклимата городской среды, оценки энергопотребления зданий и внешнего теплового комфорта [6].

Для моделирования микроклимата городской среды широко используется программно-вычислительный комплекс ENVI-met, основанный на CFD. Ярким преимуществом этого комплекса является то, что он позволяет строить трехмерную компьютерную модель, имитирующую городскую застройку при разномасштабных климатических воздействиях, то есть в границах города и квартала. ENVI-met позволяет вычислять динамические характеристики воздушной среды, термодинамические характеристики и радиационные (лучистые) потоки с учетом процессов теплообмена, протекающих на поверхности земли, стенах и крышах зданий, в озелененных зонах. Программное обеспечение ENVI-met позволяет учесть изменение параметров зданий, растительности, почвенного слоя, климатических характеристик для моделирования изменений микроклимата в зависимости от формы здания, конфигурации застройки, озеленения и т.д. ENVI-met – эффективный инструмент, позволяющий прогнозировать формирование городского теплового острова и определять стратегии его смягчения [7].

Моделирование городского теплового острова в ENVI-met

С помощью ENVI-met выполним поиск городского теплового острова на примере характерного квартала, расположенного в Волгограде. Размеры квартала 510×346×50 м. Улично-дорожная сеть и элементы с асфальтобетонным покрытием составляют 38,4% от общей площади квартала. На исследуемой территории расположены жилые здания разной этажности (2, 5–7 и 16 этажей), театр, досуговые и образовательные учреждения, парк, гаражи. Территории общего пользования имеют озеленение в виде газонов, кустарников и деревьев, что учитывалось в модели (рис. 2).

Для повышения точности результатов в компьютерной модели учитывались краевые зоны, прилегающие к исследу-

емой территории. Наличие краевых озелененных зон дает возможность выявить тепловой остров. Расчетная область включает в себя сетку с ячейками размером от 0,5 до 10 м, причем чем меньше размер ячейки, тем более точное решение можно получить. Компьютерная модель позволяет оценить параметры микроклимата квартала на различных высотных отметках: на почвенной поверхности, на уровне пешеходов, на уровне крыш и др. Это позволяет решить ряд важных задач: например, определить теплоусвоение и теплоустойчивость покрытий при воздействии периодических тепловых волн, оценить комфортность и безопасность городской среды, рассчитать влияние городского теплового острова на энергопотребление зданий. Характеристики материалов покрытий приняты согласно данным геоинформационных систем и фотофиксации исследуемого объекта. Климатические характеристики приняты согласно архивным данным многолетних наблюдений. Моделирование выполнено в летний период 2021 года, в наиболее жаркие сутки.

Некоторые результаты численного моделирования теплового режима исследуемого квартала приведены на рис. 3, 4.

По тепловым изображениям (рис. 3) можно отметить высокую степень неоднородности температурного режима квартала, что объясняется гетерогенностью исследуемой

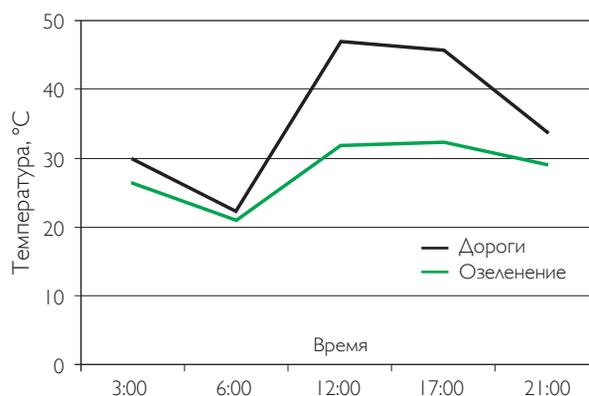


Рис. 4. График изменения температур поверхностей во времени для исходной модели квартала

РЕКОМЕНДАЦИИ НП «АВОК» 6.4.2-2021

«КОМПЕНСАТОРЫ СИЛЬФОННЫЕ И ОПОРЫ ДЛЯ ВНУТРЕННИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ»



Реклама



В рекомендациях приведены общие схемы расстановки сильфонных компенсаторов в системах отопления, горячего водоснабжения и холодоснабжения, рассмотрены примеры подбора необходимого количества компенсаторов (неподвижных опор) и расчета нагрузок на неподвижные опоры. Разработаны указания по расчету систем теплоснабжения, отопления, горячего водоснабжения и холодоснабжения с сильфонными компенсаторами, а также рекомендации по эксплуатации и проведению регламентных работ. В разработке рекомендаций приняла участие компания ООО «АЛЬТЕЗА».

Приобрести или заказать рекомендации можно на сайте abokbook.ru или по электронной почте s.mironova@abok.ru

РЕКОМЕНДАЦИИ НП «АВОК»

abokbook.ru

s.mironova@abok.ru

+7 (495) 621-8048, доб. 218

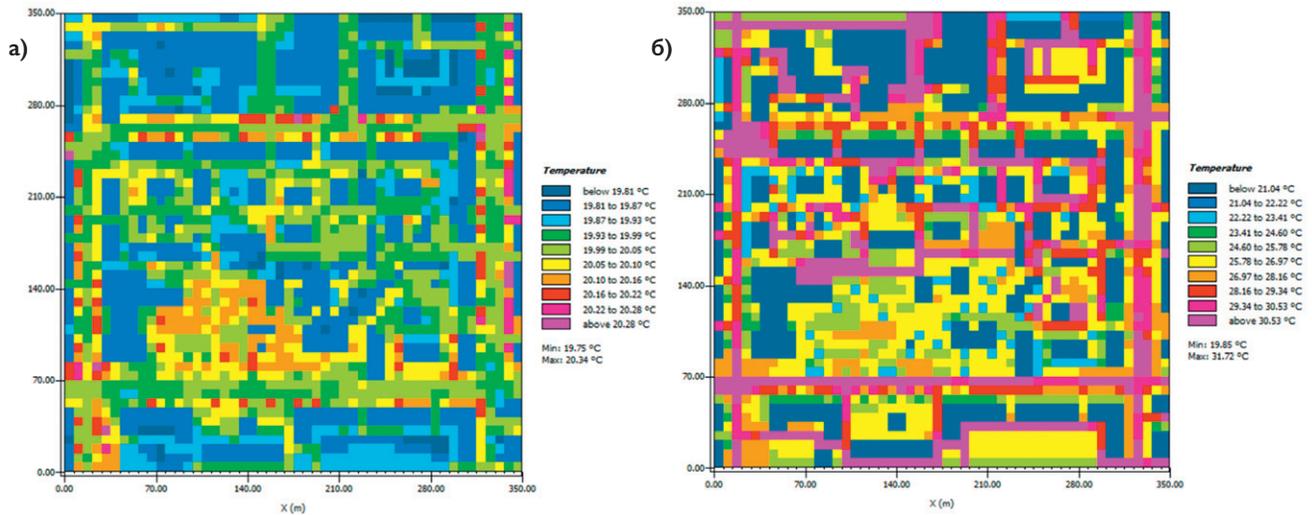


Рис. 5. Тепловые изображения для усовершенствованной модели квартала, полученные в ENVI-met в различные моменты времени: а – 6:00; б – 12:00

среды. Максимальные значения температуры характерны для открытых темных поверхностей (дорог и почвогрунтов), имеющих высокий коэффициент поглощения солнечного излучения. Минимальные значения температуры отмечаются на озелененных участках. Сравнение тепловых изображений показывает, что температурный режим квартала с течением времени меняется. На рис. 4 представлен график изменения температур различных поверхностей в наиболее жаркие сутки.

В утренние и дневные часы происходит нагрев поверхностей за счет интенсивного воздействия солнечного излучения, в вечерние и ночные часы – охлаждение поверхностей вследствие лучистого теплообмена с небосводом.

Из рис. 4 видно, что на темной поверхности дорог минимальная температура (22,55 °C) отмечается в 6:00, максимальная температура (47,02 °C) – в 12:00. Средняя суточная температура поверхности равна 35,79 °C. Можно отметить, что высокие значения температур сохраняются до 17:00, что повышает риск перегрева открытых неозелененных территорий в дневное время.

На озелененных участках можно отметить снижение температуры в течение суток. Зеленые насаждения дают затеняющий и транспирирующий эффекты, смягчая температурный режим территории [8]. В зоне озеленения минимальная температура поверхности (21,07 °C) отмечается в 6:00, максимальная температура (32,34 °C) – в 17:00. Средняя суточная температура поверхности равна 28,2 °C. Максимальное превышение температуры поверхности дорог по сравнению с озелененными участками составляет 15,1 °C, среднее превышение температуры равно 7,59 °C.

Повышение средней температуры урбанизированных территорий по сравнению с зелеными зонами указывает на процесс образования теплового острова в жаркий период года.

Смягчение городского теплового острова за счет совершенствования зеленой инфраструктуры

Эффективный способ повышения комфортности и безопасности городской среды – совершенствование зеленой инфраструктуры. Влияние растительности на регулирова-

ние климата в городах имеет большое значение, поскольку характеристики зеленой инфраструктуры способствуют смягчению эффекта городских тепловых островов. Предлагаемые меры включают озеленение территорий, использование зеленых и светлых крыш и фасадов, а также использование светлых покрытий дорог для увеличения альбедо поверхности [9]. Эти меры становятся все более популярными в борьбе с повышенными температурами в мегаполисах [10].

С целью поиска эффективного пути смягчения городского теплового острова в процессе моделирования были рассмотрены различные сценарии повышения уровня благоустройства и озеленения исследуемой территории квартала. Задача учета влияния зеленых и светлых крыш и фасадов, светлых покрытий дорог на микроклимат квартала в данной работе не рассматривалась. Результаты расчетов показали, что наилучшее решение по сравнению с исходной моделью – это усовершенствованная модель квартала, в которой площадь газонов увеличена на 70 %, площадь деревьев – на 50 % и произведена замена 2 % площади твердого покрытия на искусственный водоем. Такое решение в максимальной степени способствует смягчению городского теплового острова и обеспечивает высокий уровень комфортности городской среды (рис. 5).

Результаты имитационного моделирования микроклимата городской среды могут быть использованы:

- в формировании предложений по организации управления и мониторинга факторов микроклимата на городской территории;
- при разработке предложений по энергосбережению и повышению энергоэффективности зданий;
- при разработке предложений по совершенствованию нормативно-правовой базы для стандартов по озеленению территорий в городах;
- для создания базы данных для системы управления и тестирования имитационной модели городской среды;
- при создании комплекса нормативно-инструктивных документов по учету городских тепловых островов при прогнозировании и принятии градостроительных решений,

направленных на повышение комфортности и безопасности городской среды.

Дальнейшие исследования будут направлены на моделирование микроклимата территориальных зон, построение их тепловых карт и оценку тепло-технического качества всего города.

Литература

1. Santamouris M. Recent progress on urban over-heating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change // Energy and Buildings. 2020. 207. Pp. 109482. DOI: 10.1016/j.enbuild.2019.109482.

2. Akbari H., Cartalis C., Kolokotsa D., Muscio A., Pisello A. L., Rossi F., Santamouris M., Synnef A., Wong N. H., Zinzi M. Local climate change and urban heat island mitigation techniques – The State of the Art // Journal of Civil Engineering and Management. 2015. 22(1). Pp. 1–16. DOI: 10.3846/13923730.2015.1111934.

3. Korniyenko S. V., Dikareva E. A. Generation, Development and Mitigation of the Urban Heat Island: A Review // AlfaBuild. 2021. No. 1(16). P. 1605. DOI: 10.34910/ALF.16.5.

4. Orimoloye I. R., Mazinyo S. P., Nel W., Kalumba A. M. Spatiotemporal monitoring of land surface temperature and estimated radiation using remote sensing: human health implications for East London, South Africa // Environmental Earth Sciences. 2018. No. 77(3). Pp. 77. DOI: 10.1007/s12665-018-7252-6.

5. Корниенко С. В. Теплотехническое качество города // Энергосбережение. 2022. № 7. С. 44–49.

6. Willuweit L., O'Sullivan J. J., Shahumyan H. Simulating the effects of climate change, economic and urban planning scenarios on urban runoff patterns of a metropolitan region // Urban Water Journal. 2016. No. 13(8). Pp. 803–818. DOI: 10.1080/1573062X.2015.1036086.

7. Ле Минь Туан, Шукуров И. С., Гельманова М. О., Слесарев М. Ю. Расчет интенсивности теплового острова в мегаполисах с помощью моделирования в программе ENVI-met // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. Вып. 9. С. 1262–1273. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.9.1262-1273.

8. Upreti R., Wang Z.-H., Yang J. Radiative shading effect of urban trees on cooling the regional built environment // Urban Forestry & Urban Greening. 2017. No. 26. Pp. 18–24. DOI: 10.1016/j.ufug.2017.05.008.

9. Корниенко С. В. Зеленое строительство – комплексное решение задач энергоэффективности, экологии и экономии // Энергосбережение. 2017. № 3. С. 22–27.

10. Kyriakodis G.-E., Santamouris M. Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates – Results from a large scale urban mitigation project // Urban Climate. 2018. No. 24. Pp. 326–339. DOI: 10.1016/j.uclim.2017.02.002. ■



Реклама

РЕКОМЕНДАЦИИ Р НП «АВОК» 5.3.2–2020 «РАСЧЕТ И ПОДБОР ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ»

**И ПРИЛОЖЕНИЕ «ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.
ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ»**

Рекомендации Р НП «АВОК» 5.3.2–2020 «Расчет и подбор воздухораспределительных устройств» и практическое приложение к рекомендациям разработаны при участии компаний ООО «Вентарт Групп», ООО «ТРОКС РУС», ООО «Системэйр» и содержат сведения об инженерных методах расчета воздухораспределения для основных схем подачи приточного воздуха, примеры расчета воздухораспределения для зданий различного назначения, сведения о выборе оптимальной схемы подачи воздуха и воздухораспределительных устройств. Распределение воздуха в помещениях определяет конечный эффект работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха, что является продолжением темы борьбы с распространением новой коронавирусной инфекции COVID-19. Корректный подбор воздухораспределительных устройств позволяет обеспечить поддержание требуемых параметров микроклимата в обслуживаемой зоне помещений, избежать появления сквозняков и застойных зон, нерационального расхода энергоресурсов.

Издание может рассматриваться в качестве пособия, поясняющего положения СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» в части методики расчета и подбора воздухораспределительных устройств.

**Приобрести или заказать рекомендации
можно на сайте abokbook.ru
или по электронной почте s.mironova@abok.ru**