

И.Л. Маринин, к.геогр.н., **О.Р. Енгальчева**, асп.

Одесский государственный экологический университет

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТРОВА ТЕПЛА В Г. ОДЕССА

Выполнена оценка основных характеристик острова тепла г. Одесса. Объектом исследования являлись данные измерений приземной температуры воздуха, которые получены на 15 пунктах наблюдений, 9 из которых расположены в черте г. Одесса. Длина выборок составила 45 месяцев. Анализируются особенности сезонного хода разностей температур в городе и его окрестности, а также пространственные распределения среднемесячных приземных температур в виде карт.

Ключевые слова: *городской остров тепла, среднемесячная температура, сезонный ход разности температур в городе и его окрестности, пространственное распределение приземных температур.*

Введение. В Одессе, как и в других больших городах мира, естественные погодные условия в значительной степени подвержены воздействиям самого города, особенностями его расположения и застройки, объектами хозяйственной деятельности [1]. Вследствие этого внутри города формируются микроклиматические различия, обусловленные вмешательством человека в природный естественный ландшафт, который определялся характером подстилающей поверхности и рельефом. Здания, дороги и другие инфраструктуры постепенно вытесняют открытые и естественные поверхности, покрытые растительностью. Поверхности, которые были проницаемыми в большинстве случаев, становятся непроницаемыми и сухими [2]. Такое развитие городов приводит к формированию городского острова тепла (ОТГ) – явления, при котором в городе наблюдаются более высокие температуры, чем в окружающей сельской местности [3,4].

Средняя годовая температура воздуха в городе с населением один миллион и более может быть на 1-3 °С выше, чем в его окружении, а в ясную безветренную ночь различие температур между центром города и его окрестностями может достигать 12 °С. "Остров тепла" – типичное явление для больших городов. Однако, известно [3], что и сравнительно небольшие города тоже создают острова тепла, хотя такой эффект часто ослабевает с уменьшением размеров города.

"Миллионик" Одесса также оказывает существенное воздействие на метеорологический и радиационный режим приземного слоя атмосферы, что, прежде всего, сказывается на температуре воздуха.

Целью данного исследования является оценка интегральных характеристик острова тепла г. Одесса, их временная изменчивость и пространственная структура ОТГ.

Материалы и методика исследования. В данной статье использовалась методология, отличающаяся от общепринятой. Рассматривался температурный режим города, окруженного кроме сельской местности, также и акваторией моря. Не анализировались малоградиентные поля приземного давления, которые являются характерными для образования городского острова тепла.

Для реализации поставленной цели привлекались значения температуры воздуха сети контрольно-замерных пунктов чистоты атмосферного воздуха «ПОСТ-1» (КЗП), распределенных по городу в соответствии с программой мониторинга чистоты воздуха, а также данные температуры воздуха ст. Одесса- обсерватория, АМСГ-Одесса, данные метеорологических станций Одесской области (Сербка, Раздельная) и морских станций

Для выявления ОТГ проанализированы его интегральные характеристики, рассчитанные для каждого срока наблюдений. Основной характеристикой ОТГ является его интенсивность ΔT_L , определяемая как разность максимального (или минимального в случае острова холода) значения температуры воздуха в городе $T_{U \max}$ и средней температуры воздуха за городом \bar{T}_L

$$\Delta T_L = T_{U \max} - \bar{T}_L. \quad (1)$$

Обычно ОТГ проявляется в виде области замкнутых изотерм над городом. Над крупными городами остров тепла с некоторым приближением однороден по горизонтали. Это позволяет выделить так называемое «плато», покрывающее большую часть города, величина которого примерно равна осредненному по территории города значению температуры, а также его «пик» в центре (область экстремальных значений температуры) и «утесы» по краям (области повышенных горизонтальных градиентов температуры на границах города) [6]. Характеристикой «плато» ОТГ $\Delta \bar{T}_L$ является разность средних значений температуры в городе \bar{T}_U и за городом \bar{T}_L

$$\Delta \bar{T}_L = \bar{T}_U - \bar{T}_L. \quad (2)$$

Как указывалось выше, значительная часть территории города Одесса соприкасается с акваторией моря, температурный режим которой существенно отличается от городского и в целом суши. Учесть этот фактор можно, сравнивая температуру воздуха в городе с осредненным значением по всем окружающим город станциям \bar{T}_E (включая портовые станции):

$$\Delta T_E = T_{U \max} - \bar{T}_E, \quad (3)$$

$$\Delta \bar{T}_E = \bar{T}_U - \bar{T}_E, \quad (4)$$

где ΔT_E – аналог интенсивности ОТГ, а $\Delta \bar{T}_E$ – его средней величины («плато»).

Статистические характеристики этих параметров, осредненные по утренним и вечерним срокам, и их анализ приведены в [9].

Для визуального описания острова тепла города построены карты горизонтального распределения среднемесячной температуры воздуха для каждого месяца исследуемого периода за сроки 07 и 19 ч. В зависимости от распределения температуры воздуха между тремя объектами (суша, город и море) карты горизонтального распределения поделены на несколько групп. А именно:

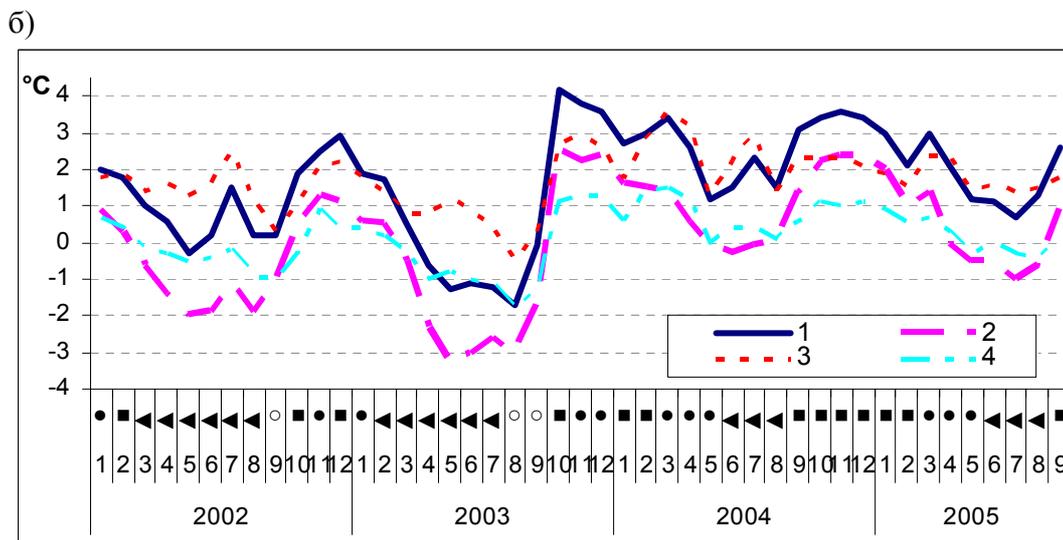
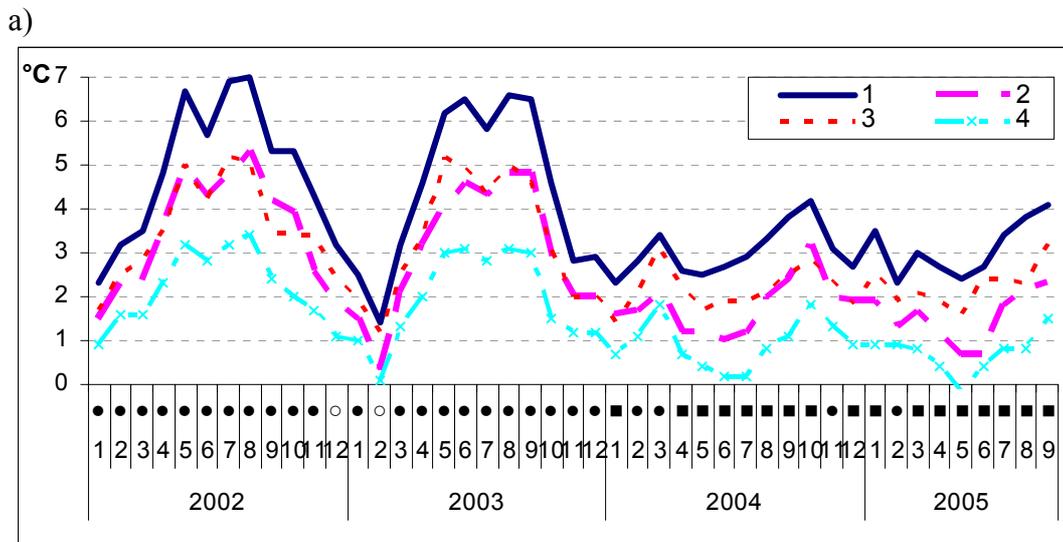
1. $T_{суша} > T_{город} > T_{море}$,
2. $T_{суша} < T_{город} < T_{море}$,
3. $T_{суша} < T_{город} > T_{море}$,
4. $T_{суша} > T_{город} < T_{море}$.

Третья и четвертая группы представляют собой ярко выраженные остров тепла (ОТГ) и остров холода (ОХГ) соответственно, когда город был теплее или холоднее окружающей среды. Для случаев первой и второй группы такой однозначный вывод сделать нельзя. Для первой группы случаев город теплее акватории, но холоднее суши.

Во второй группе имеет место противоположная картина. Оба этих варианта представляют собой случаи, когда температура в городе оказалась в промежутке между температурами суши и моря.

Как указывалось выше, в классическом понимании ОТГ определяется по контрасту температур над городом и пригородом. В нашем же случае появляется еще и третий объект - акватория моря. Поэтому назовем первую группу ОХГ с холодным морем, а вторую ОТГ с теплым морем. Распределение каждой из групп в течение исследуемого периода показано значками на рис.2.

Результаты исследования и их анализ. Из литературных источников известно, что остров тепла наблюдается почти всегда в вечернее время [4,5,6]. Срок 19 ч как раз является оптимальным временем для его обнаружения. Далее рассмотрим величины интегральных характеристик острова тепла отдельно по утреннему и вечернему сроку.



◀ - ОХГ с холодным морем, ■ - ОТГ с теплым морем, ● - ОТГ, ○ - ОХГ

Рис. 2 - Временной ход величин ΔT_L (1), $\Delta \bar{T}_L$ (2), ΔT_E (3) и $\Delta \bar{T}_E$ (4) в срок 07 (а) и 19 (б) ч.

За рассматриваемый период в утренний срок (07 ч) над г. Одесса прослеживается остров тепла (рис. 2 а). Максимальная интенсивность ОТГ получена с мая по сентябрь в 2002-2003 гг. и достигает $7,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в августе 2002 г. В феврале 2003 г. отмечено самое наименьшее значение величины ΔT_L $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Примерно та же картина наблюдается и во временном ходе плато ОТГ, максимальные значения которого достигают $5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $4,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в августе 2002 и 2003 гг. соответственно. Минимальное значение $\Delta \bar{T}_L = 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ получено в феврале 2003 г. В среднем город был теплее пригородной территории на $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а средняя интенсивность составила $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В вечерний срок (19 ч) также прослеживается наличие ОТГ с максимальной интенсивностью в среднем $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в холодный период года с сентября по февраль (рис.2б). В октябре 2003 г. получено самое большое значение ΔT_L , которое достигает $4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Минимальные значения ΔT_L наблюдаются в весенне-летний период с мая по сентябрь. Причиной тому могло стать сезонное ослабление факторов развития ОТГ. Примерно такой же характер распределения имеет величина $\Delta \bar{T}_L$.

Значения ΔT_E и $\Delta \bar{T}_E$, рассчитанные с учетом портовых станций, в 07 ч оказались на $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ меньше значений интенсивности и средней величины ОТГ, полученные только с учетом температуры суши (рис.2а). Для срока 19 ч в период с мая по сентябрь прослеживается превышение значений ΔT_E и $\Delta \bar{T}_E$ по сравнению со значениями ΔT_L и $\Delta \bar{T}_L$ в среднем на $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.2б). В этом, возможно, нашло отражение существование большого числа случаев, когда за период наблюдений море было теплее суши. Но это, может быть, также связано с тем, что море способствует сглаживанию контрастов между температурами в городе и за его пределами.

Для пространственного анализа отобраны карты горизонтального распределения среднемесячной приземной температуры воздуха с наилучшей выраженностью особенностей каждой из групп.

На рис. 3а представлено горизонтальное распределение среднемесячной приземной температуры воздуха за утренний срок в декабре 2002 г. В этот месяц отмечался ОХГ с большими горизонтальными градиентами над прибрежной зоной Одессы. Его интенсивность составила $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Само плато ОХГ имело вытянутую форму с северо-запада на юго-восток с двумя центрами над центральной частью города и районом Пересыпи. ОХГ в феврале 2003 г. имел сходную картину.

ОТГ в утренний срок прослеживается в 2002 г. с января по ноябрь, в 2003 г. в январе и с марта по декабрь, в 2004 г. с февраля по март и в ноябре, в 2005 г. в феврале (рис.2а). Для карт этой группы характерно наличие компактного явно выраженного плато с большими горизонтальными градиентами. Центры ОТГ наблюдаются обычно в районе Пересыпи или центральной части города.

На рис. 3б представлено горизонтальное распределение среднемесячной приземной температуры воздуха за утренний срок в марте 2004 г. ОТГ прослеживается практически над всей территорией города и представлен хорошо выраженными окружностями с центром в Малиновском районе. Интенсивность ОТГ достигает $6,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Само плато имеет слегка вытянутую форму с северо-запада на юго-восток.

Группа ОТГ с теплым морем представлена на рис. 3в за утренний срок в январе 2004 г. Над центральной частью города со смещением в акваторию моря прослеживается плато ОТГ, которое отмечается несколькими замкнутыми изотермами с центром $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. За территорией города на юго-западе наблюдается небольшая ложбина холода. Обнаружено смещение ОТГ с центральной части города в район акватории Одесского залива.

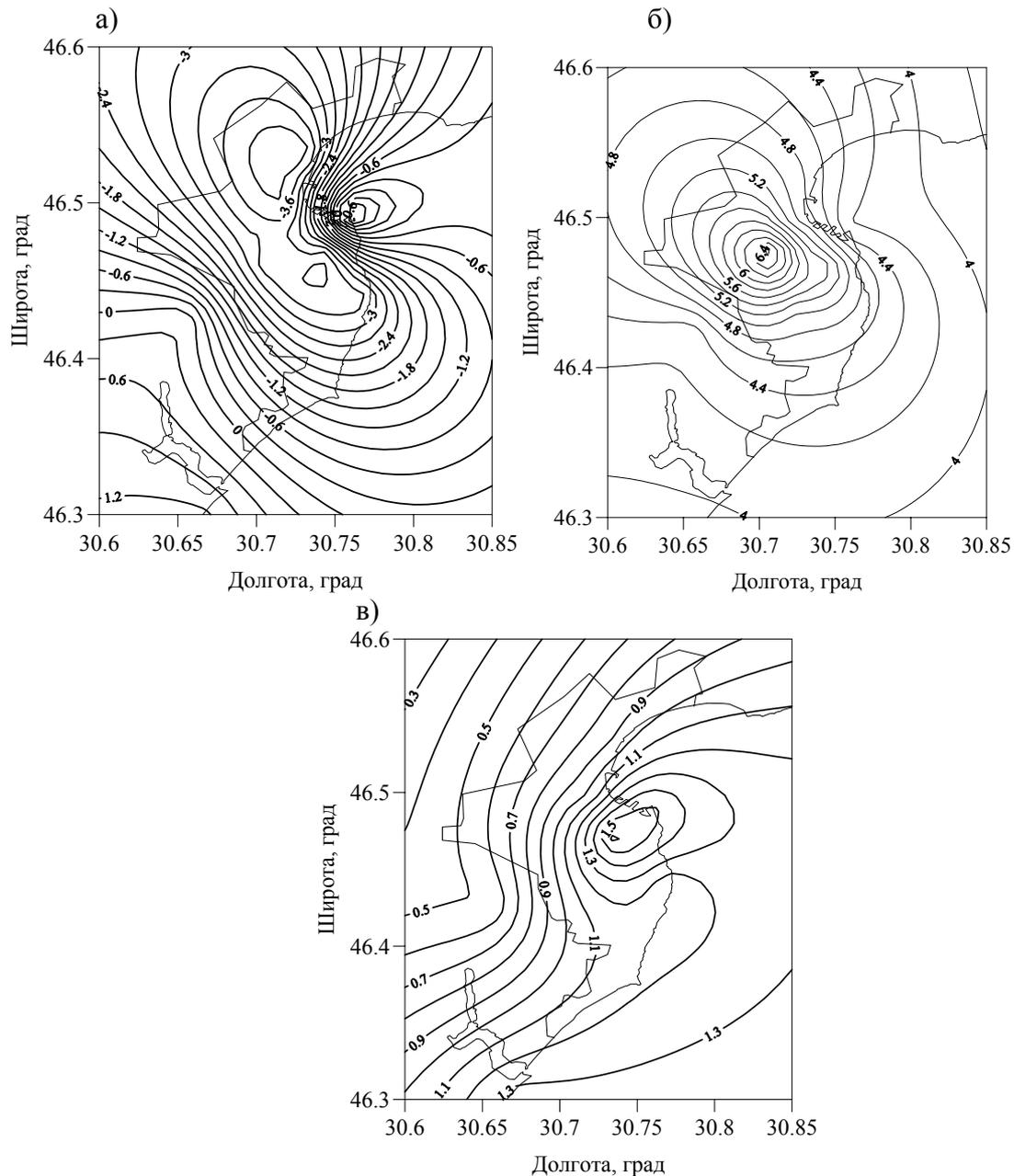


Рис. 3 - Горизонтальное распределение среднемесячной приземной температуры воздуха за срок 07 ч в декабре 2002 г. (а), в марте 2004 г. (б), в январе 2004 г. (в).

В вечерний срок ОХГ наблюдается в сентябре 2002 г. и с августа по сентябрь 2003 г. (рис.2б). ОТГ представлен хорошо развитым над всем городом плато с центром в центральной районе города (рис. 4а). Интенсивность ОТГ достигает $-2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Остров тепла в вечерний срок отмечался в осенне-зимний период 2002-2003 гг. и в 2004-2005 гг. с марта по май (рис.2б). Для карт горизонтального распределения температуры этого типа характерно наличие хорошо выраженного плато в центральной части города, имеющее слегка вытянутую форму с северо-запада на юго-восток. В центральной части города температура воздуха в среднем примерно на $1 - 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше, чем на окраинах. Связано это с интенсивной теплоотдачей зданий, огромных территорий, покрытых асфальтом, тепловыми потерями на городских объектах. На рис. 4б представлен ОТГ в апреле 2005 г. в 19 ч. Его интенсивность составила $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Пример горизонтального распределения среднемесячной температуры по типу ОТГ с теплым морем показан на рис. 4в. Для этой группы в вечернее время характерно наличие двух

центров тепла (в центральной части города и над морем в районе порта), противостоящие двум центрам холода (в Суворовском районе и районе Аркадии). Иногда вместо изолированных центров могут отмечаться гребни тепла и ложбины холода, соответственно.

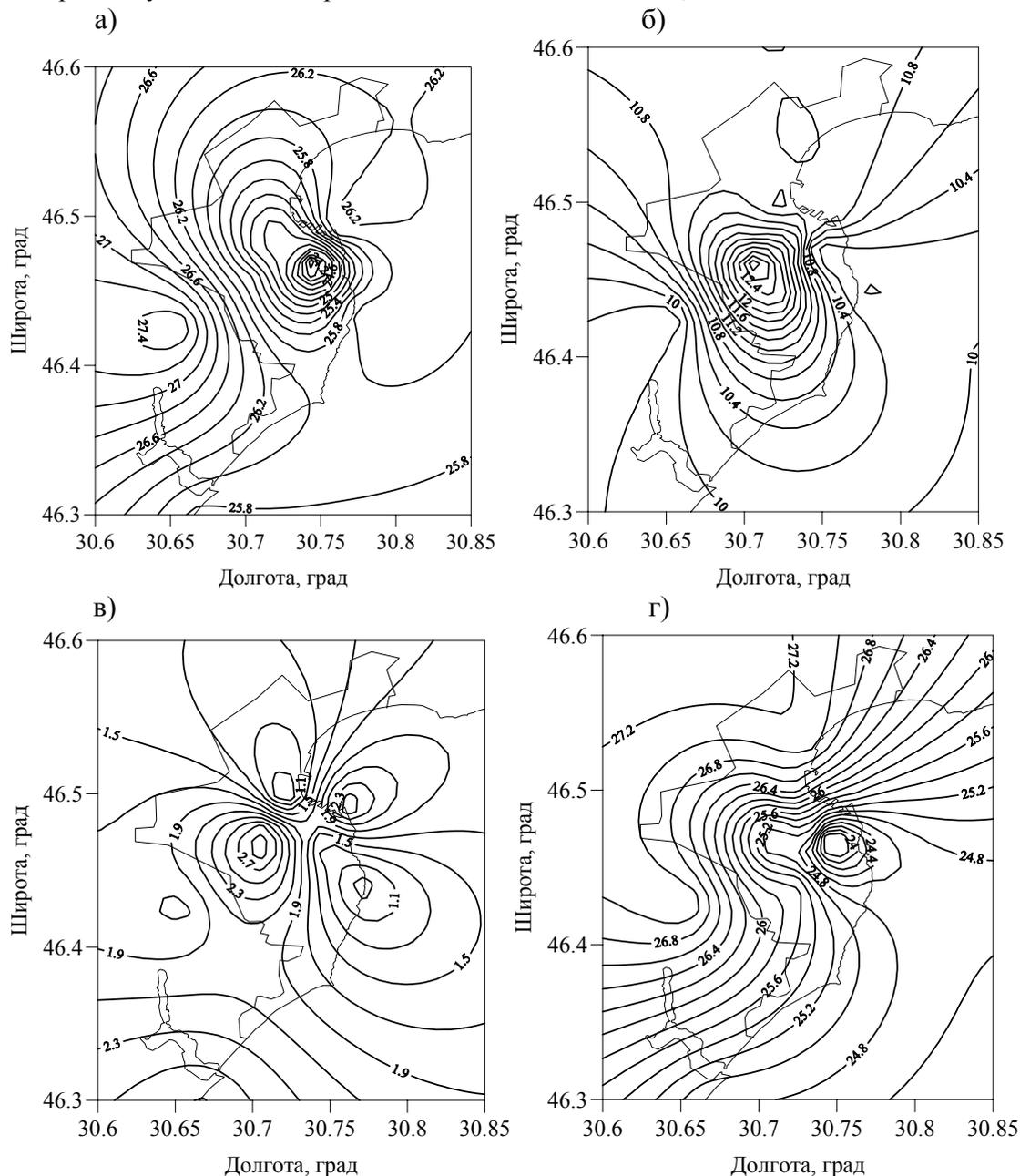


Рис. 4 - Горизонтальное распределение среднемесячной приземной температуры воздуха за срок 19 ч в августе 2003 г. (а), в апреле 2005 г. (б), в феврале 2004 г. (в), в августе 2002 г. (г).

ОХТ с холодным морем (рис.4г) может обнаруживаться в осенне-летний период, когда возможно проникновение более холодного, по сравнению с городским, морского воздуха на территорию города.

В целом, о картине распределения приземных температур над городом и его окрестностями для утреннего и вечернего сроков можно судить на основании данных рис. 2, где показана сезонная и межгодовая изменчивость контрастов температур между городом, окружающей местностью и морской акваторией. Так, для утреннего срока ярко выраженная картина горизонтального распределения ОТГ получена практически во все месяцы 2002-2003 гг., кроме декабря 2002 г. и февраля 2003 г., когда отмечался ОХГ. В весенне-летний период 2004-2005 гг. прослеживается ОТГ с теплым морем, когда ОТГ смещается в сторону Одесского

залива. В тоже время для вечернего срока постоянно ярко выраженный ОТГ проявляется только весной в 2004-2005 гг., а ОХГ - в сентябре 2002-2003 гг. В весенне-летний период отмечался ОХГ с холодным морем, при проникновении холодного воздуха на территорию города, с вытеснением теплого центра на север. А в холодный период года практически (за исключением 2003 г.) над территорией города получено "противостояние" холодных и теплых центров или ложбин и гребней соответственно.

Выводы. В данной статье описана методология исследования, которая отличается от общепринятой. Во-первых, рассмотрен температурный режим города, окруженного не только сельской местностью, но и акваторией моря. Во-вторых, термический режим города рассматривался не при малоградиентных полях приземного давления, которые являются характерными для образования "классического" городского острова тепла.

Проанализированные поля среднемесячной приземной температуры воздуха свидетельствуют о том, что особенности термического режима города проявились и в этом, "неблагоприятном" для обнаружения "чистого" острова тепла способе обработки.

В срок 07 ч в период с 2002 по 2003 гг. преобладал ярко выраженный остров тепла над городом. Во вторую половину исследуемого периода (с 2004 по сентябрь 2005 гг.) наиболее часто отмечался остров тепла с теплым морем.

В 19 ч в 40 % случаев пролеживается остров холода с холодным морем. Все эти случаи были обнаружены в весенне-летний период. В 29 % случаев был получен остров тепла с теплым морем. Ярко выраженный остров тепла отмечен в 24 % случаев.

В целом за два срока в 74 % случаев получен остров тепла (ярко выраженный ОТГ и остров тепла с теплым морем). Что же касается ярко выраженного острова холода, то на его долю пришлось только 6 % случаев.

Таким образом, показано, что над Одессой формируется, в основном, остров тепла, связанный с изменением характеристик подстилающей поверхности в городской черте. Количественные характеристики острова тепла соответствуют литературным данным [3-7].

Список литературы

1. Танг С. Новые задачи для метеорологического обслуживания в изменяющейся городской окружающей среде // Бюллетень. Официальный журнал Всемирной Метеорологической Организации. http://ftp.wmo.int/pages/publications/bulletin_ru/57_4_tang_ru.html
2. Мягков М.С. Влияние мегаполиса Москва на величину испарения // Метеорология и гидрология. – 2005. – №3. – С. 78-80.
3. *Urban heat island basics*. <http://www.epa.gov/hiri/about/index.htm>
4. Матвеев Л.Т., Матвеев Ю.Л. Формирование и особенности острова тепла в большом городе // Докл. РАН. – 2000. – Т. 370, № 2. – С. 249-252.
5. Ландсберг Г.Е. Климат города: Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 248 с.
6. Оке Т.Р. Климаты пограничного слоя: Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 360 с.
7. Jauregui E. Heat island development in Mexico City // Atmospheric Environment. –1997. –31, №22. – P. 3821-3831.
8. *Справочник по климату СССР*. Температура воздуха и почвы / Под ред. Л.И. Мисюра. –Л.: Гидрометеиздат, 1967. – Вып.10, ч.11. – 605 с.
9. Маринин И.Л., Енгальчева О.Р. Некоторые оценки характеристик острова тепла г. Одесса // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Государственная гидрометеорологическая служба Украины. –2009. –№1(9). – С. 52-61.

Основні характеристики і просторовий розподіл острову тепла м.Одеса. Маринін І.Л., Єнгальчева О.Р.

Виконана оцінка основних характеристик острову тепла м.Одеса. Об'єктом дослідження були дані вимірювань приземної температури повітря, які отримані по 15 пунктах спостережень, дев'ять з яких розташовані у місті. Тривалість вибірок склала 45 місяців. Проаналізовані особливості сезонного ходу різниць температур у місті та його округи, а також просторовий розподіл середньомісячних приземних температур у вигляді карт.

Ключові слова: міський острів тепла, середньомісячна приземна температура, сезонний хід різниць температур у місті та його округи, просторовий розподіл приземних температур.

The main characteristics and space distribution of urban heat island over Odessa. Marinin I.L., Engalycheva O.R.

The evaluation of main features of urban heat island over Odessa is performed. The object of study is the data of surface temperature from 15 stations, while 9 stations locate within the city boundaries. The length rows is 45 months. The general peculiarities of seasonal and spatial temperature distributions are described in terms of monthly averaged surface temperature maps over the investigation period.

Key words: urban heat island, monthly surface temperature, seasonal cycle of temperature differences over the city and country, spatial temperature distributions.