



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Курс «Моделирование климата городов», занятие №8

Промежуточные итоги и разбор PW2

Комфортность городского климата

Михаил Иванович Варенцов

mvarentsov@hse.ru



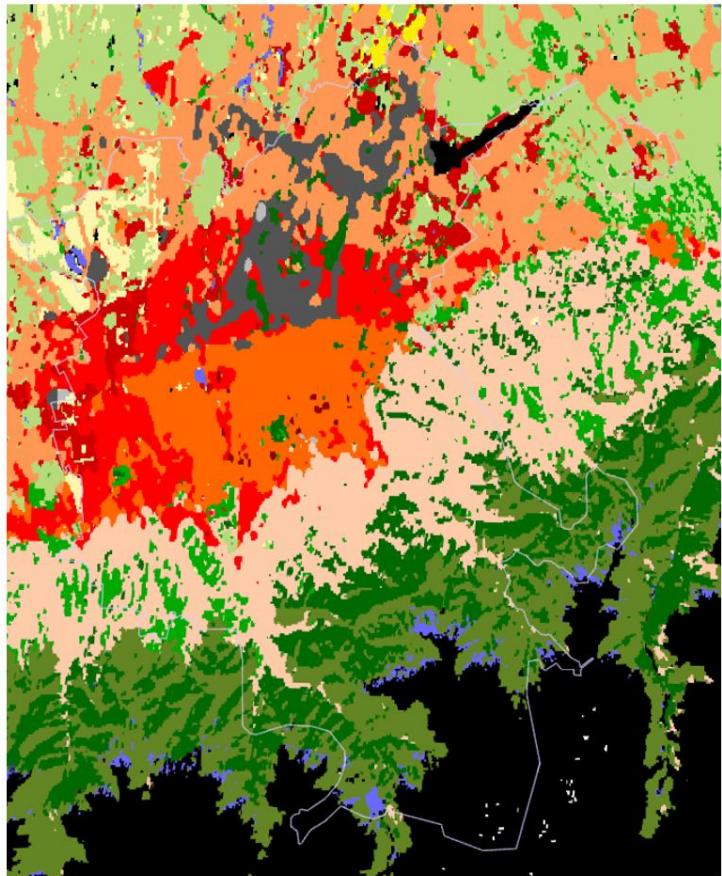


Рис. 9.1. Локальные климатические зоны Алматы

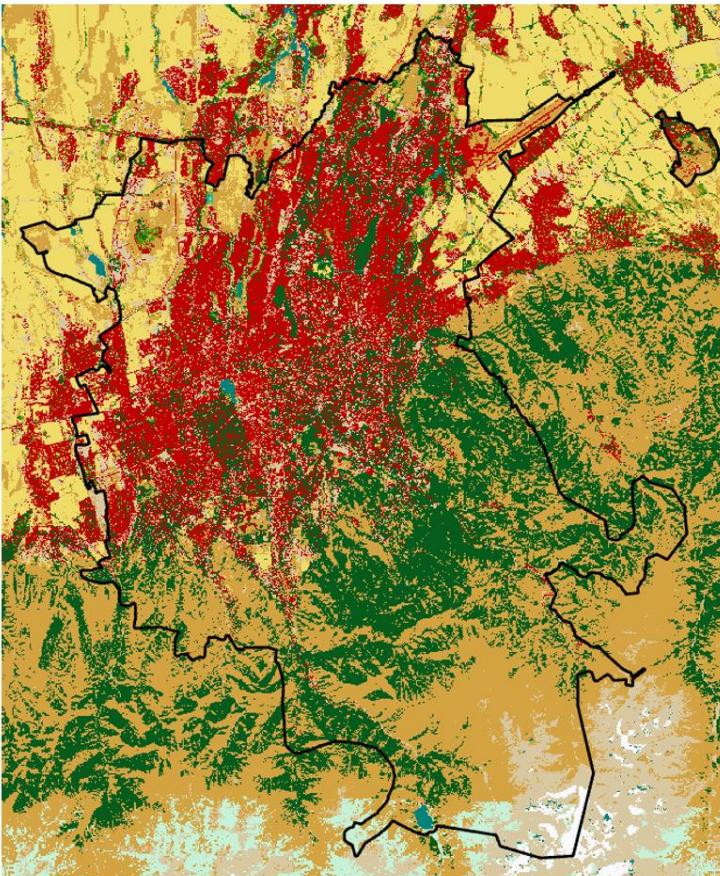


Рис. 9.2. Земельный покров Алматы

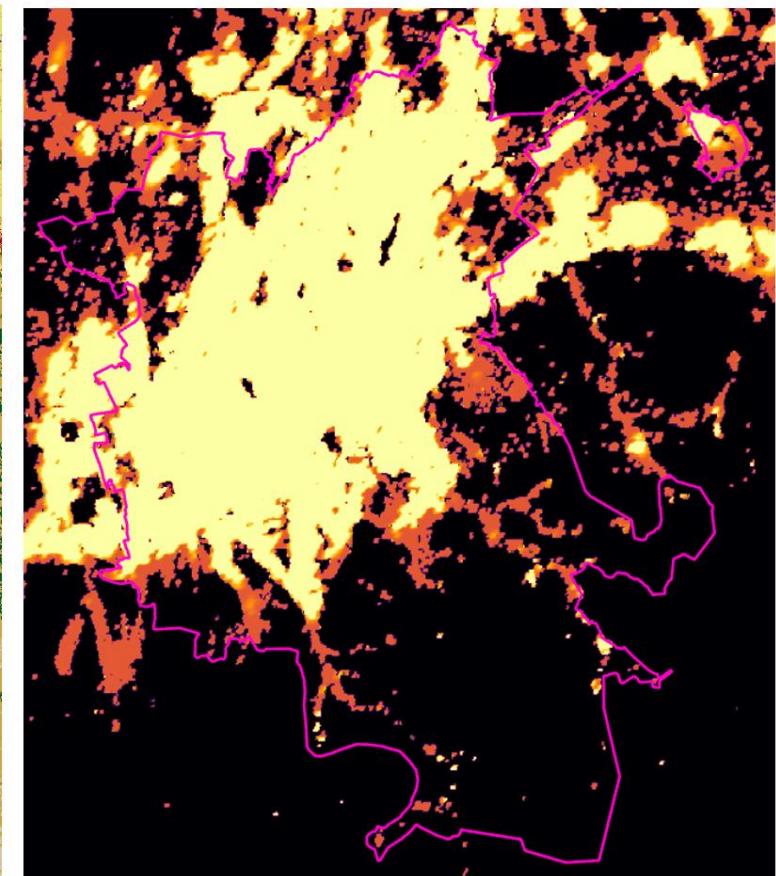
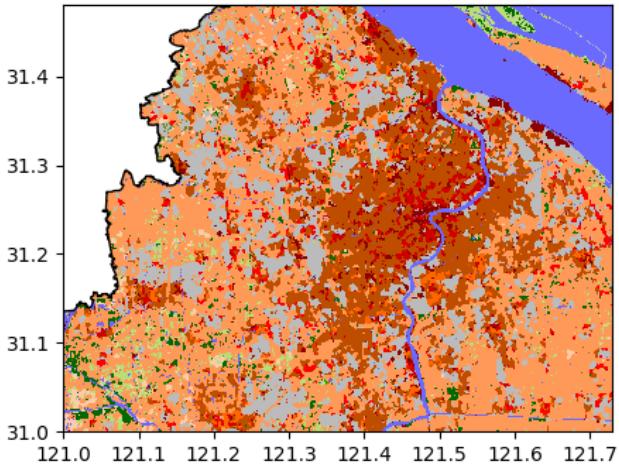


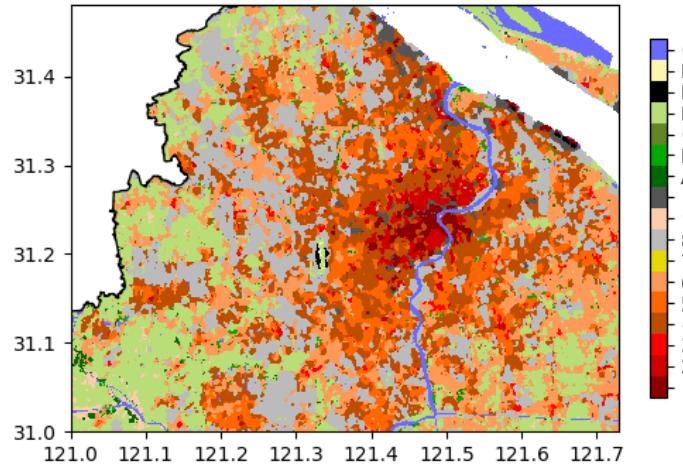
Рис. 5.2. Средняя высота зданий Алматы

Из работы Александра Костюка

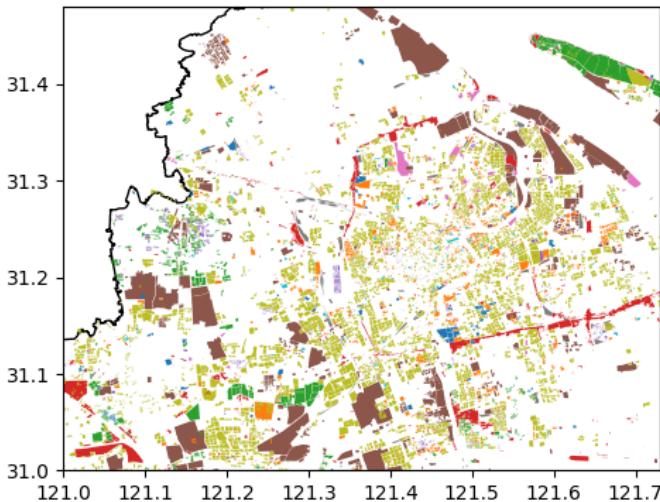
Карта ЛКЗ поэталонам подобранным Ренатой Зигангиевой



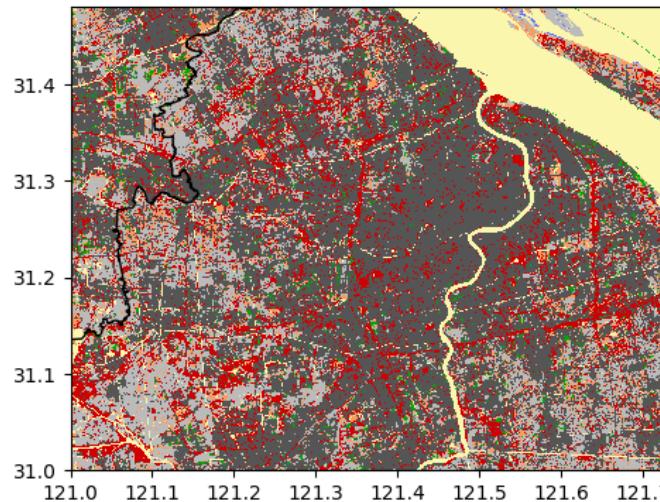
Demuzere et al., 2022



OSM land use



WorldCover Версия 2.0



```
sentinel_path = '/home/babykelp/Documents/climate/terrascope_download_20240224_234046/WORL

with rasterio.open(sentinel_path) as src:

    #Можно поменять downsample_factor чтобы уменьшить разрешение
    downsample_factor = 8
    out_shape = (
        src.count,
        int(src.height / downsample_factor),
        int(src.width / downsample_factor)
    )

    transform = src.transform * src.transform.scale(
        (src.width / out_shape[-1]),
        (src.height / out_shape[-2])
    )

    data = src.read(
        out_shape=out_shape,
        resampling=Resampling.bilinear
    )

lats_sent, lons_sent = get_subarray_coords_rio(data.shape[data.ndim-2:], src, transform)

display(data.shape)
data_sentinel = data[0,:,:].astype(float)
```

Из работы Ренаты Зигангиевой

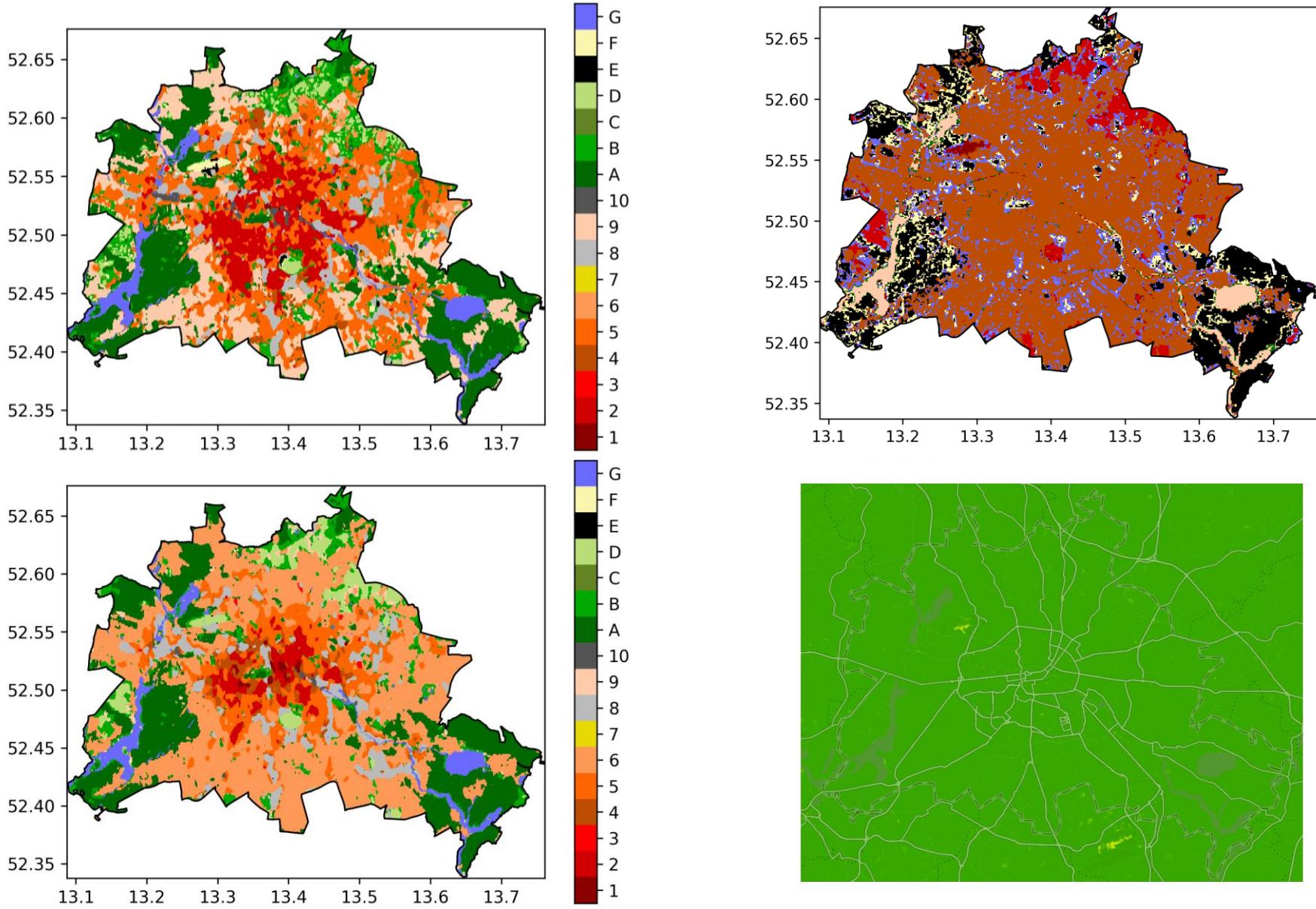
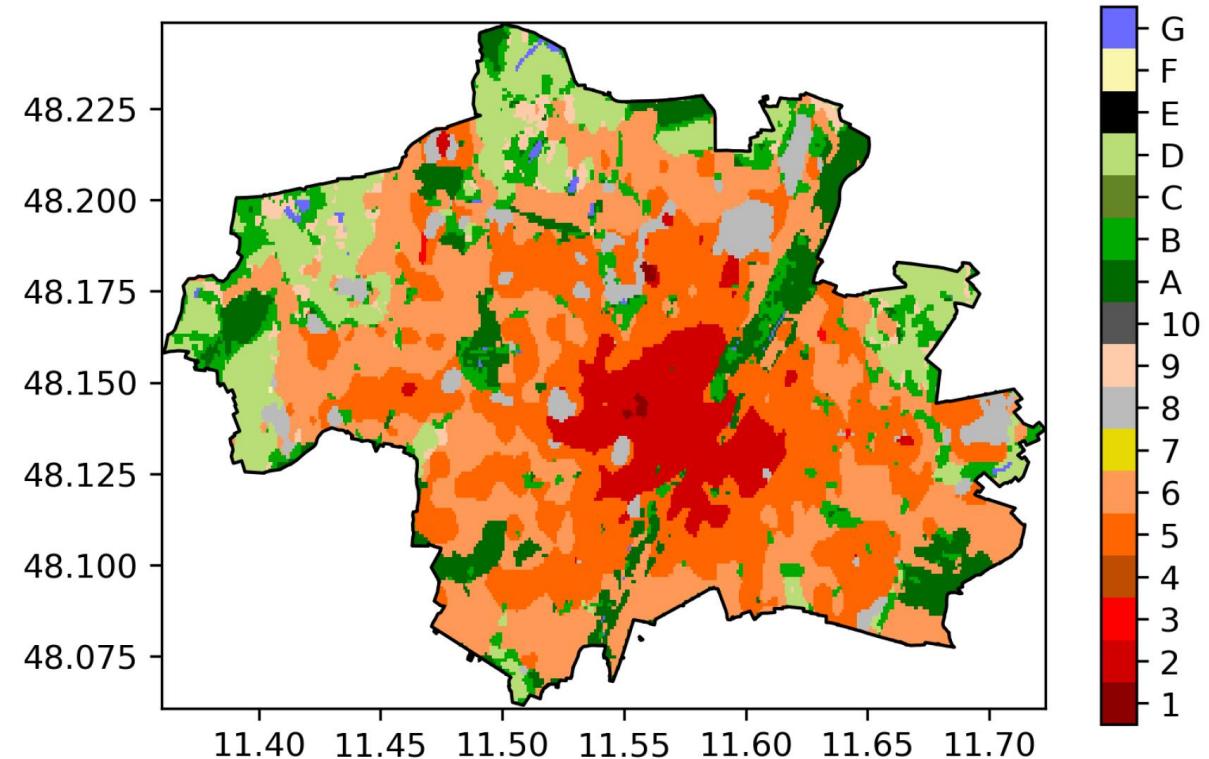
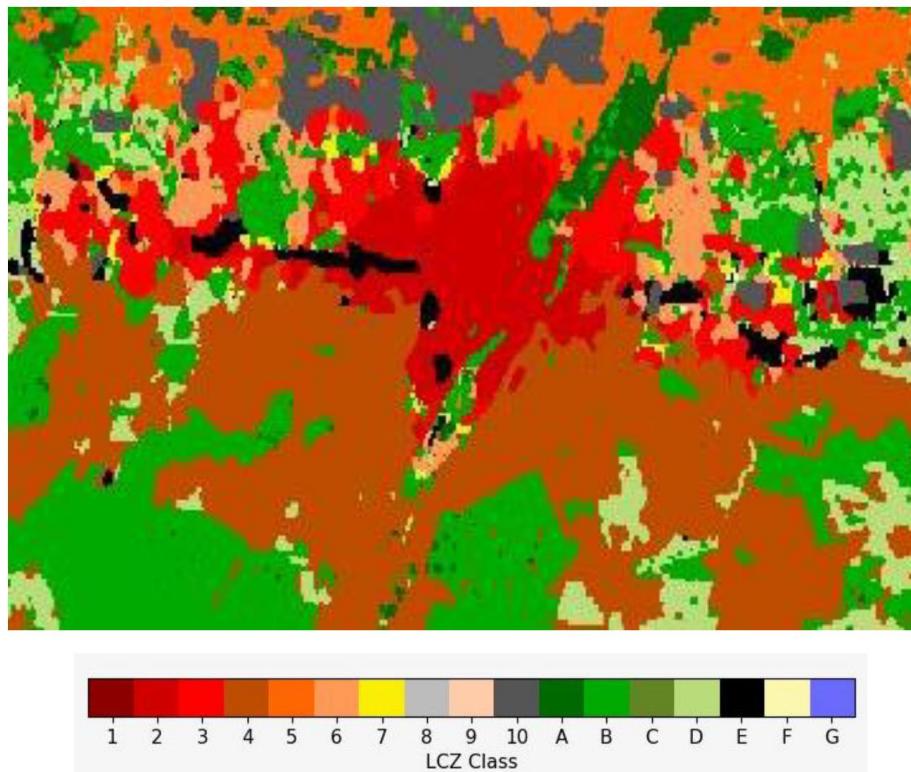


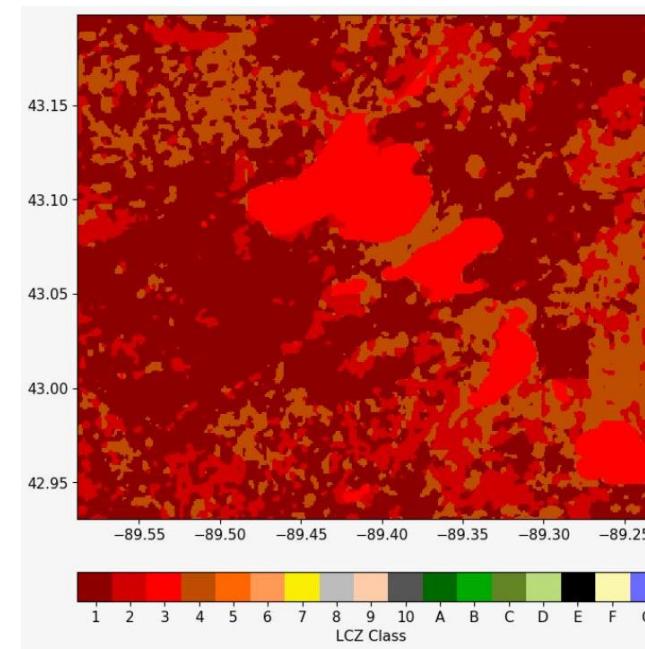
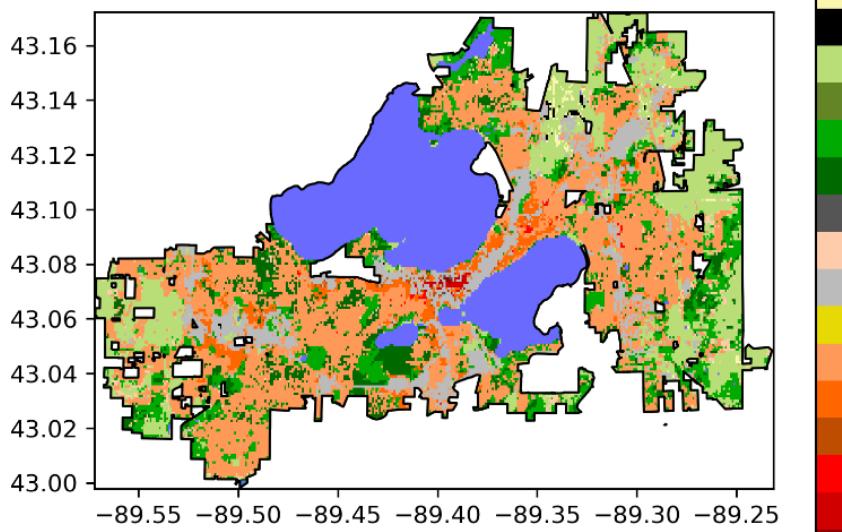
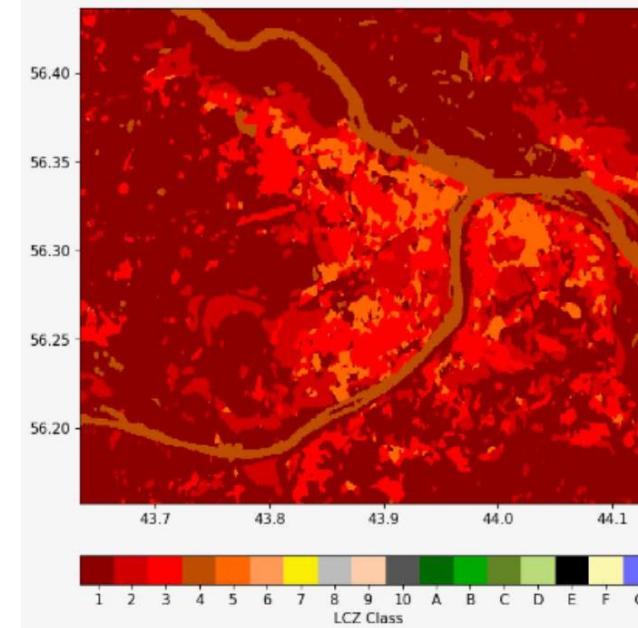
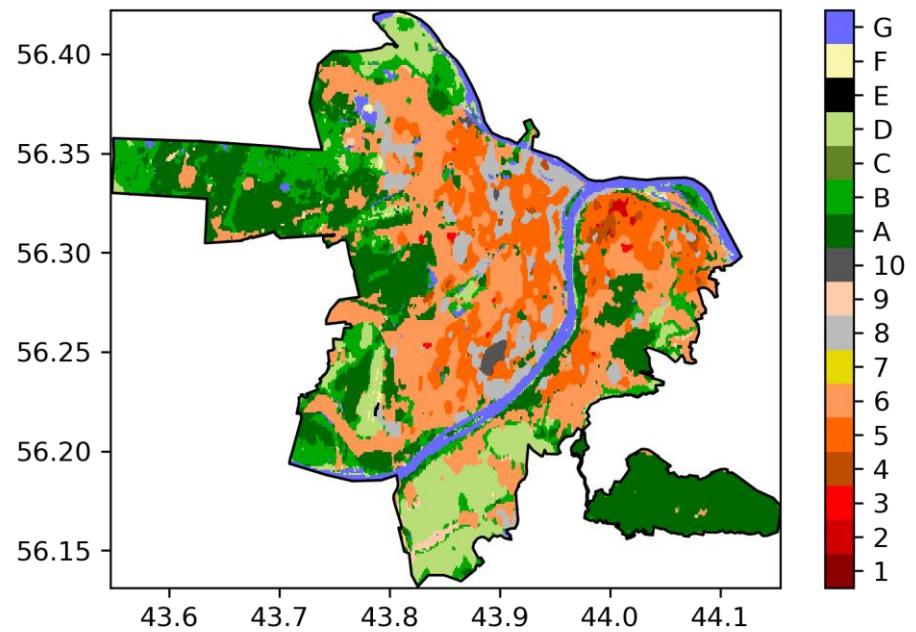
Рисунок 7. Copernicus Global Land Service: Land Cover 2019 100 m

Из работы Зои Агафоновой



Глобальная карта, составленная (Demuzere et al., 2022), выглядит более точной, хотя
региональная, полученная через LCZ Generator, в общем, соответствует ей

Из работы Ильи Зайцева



Багровые реки - 3 из работ Алии Андреевной и Михаила Савильного

<input type="checkbox"/>	Москва	France, French Republic	Europe	26.02.2024, 00:48:12	Alina Ivanova	0.60	Show Factsheet
<input type="checkbox"/>	Ekaterinburg	Russian Federation	Asia	25.02.2024, 23:31:10	Polina Ignatenko	0.69	Show Factsheet
<input type="checkbox"/>	Almaty	Kazakhstan, Republic of	Asia	25.02.2024, 23:24:48	Alexander Kostyuk	0.61	Show Factsheet
<input type="checkbox"/>	Saint-Petersburg	Russian Federation	Europe	25.02.2024, 00:27:01	Arina Krekova	0.73	Show Factsheet



Для GHSL характерна большая чувствительность к интенсивности застройки: из-за большего диапазона значений (10000 у GHSL против 100 у CGLC) дифференциация больше. Однако при этом CGLC отражает в целом все искусственные поверхности, из-за чего детектируются также главные автомагистрали, что также может быть полезно для понимания городской структуры.

Из работы Полины Игнатенко



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОГРАФИИ
И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Курс «Моделирование климата городов», занятие №8

Промежуточные итоги и разбор PW2

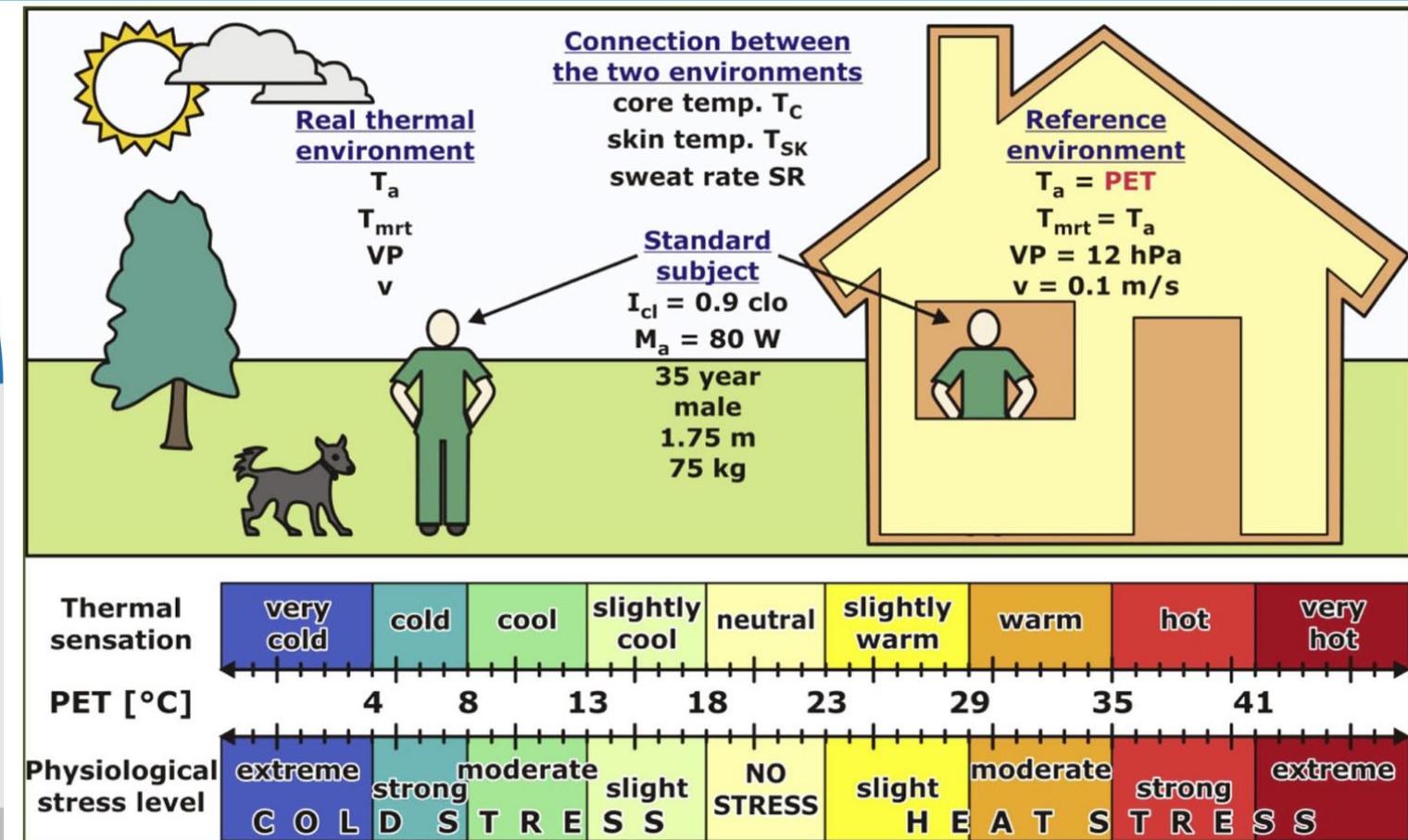
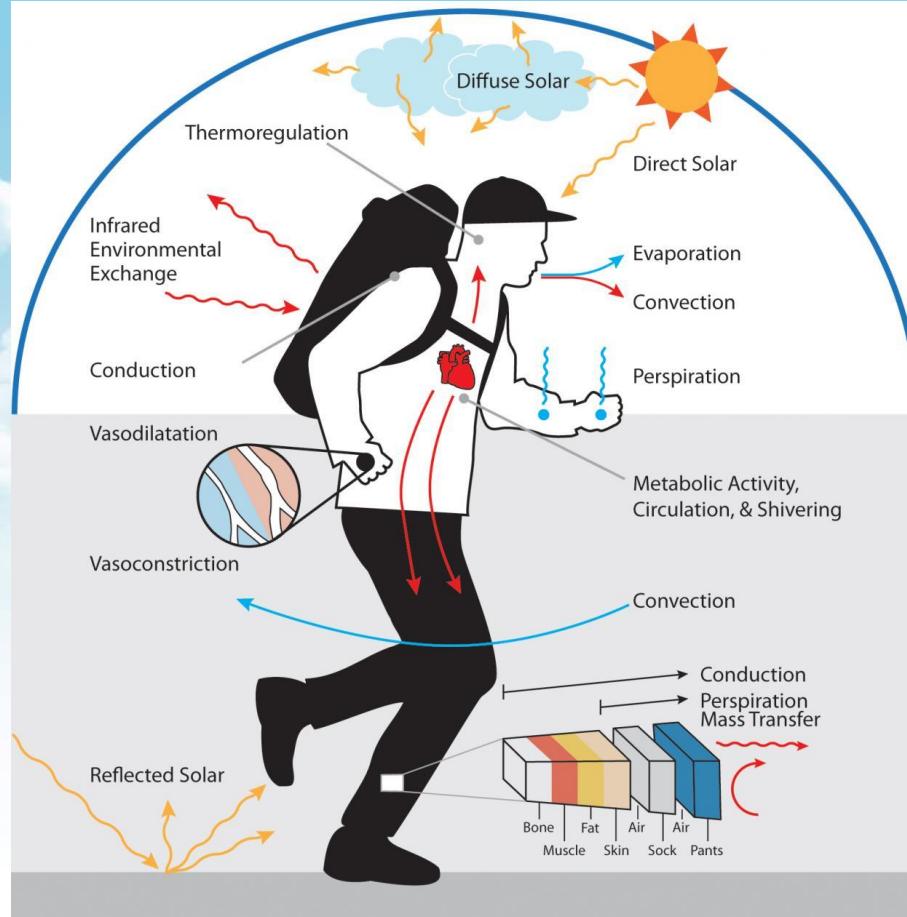
Комфортность городского климата

Ощущаемая температура и термический комфорт

Архив погоды в Брэдшоу - Ангаллари Вэлли (Северная территория, Австралия)															
Время (UTC), дата	Ветер (напр., м/с)		Видим.	Явления	Облачность	T (C)	Td (C)	f (%)	Te (C)	Tes (C)	Комфортность	P (гПа)	Po (гПа)	Tmin (C)	Tmax (C)
19 25.02	штиль	0 {2}	н/о		н/о	+28.5	+26.1	87	+43	+43	очень душно	1006.0	999.1		
20 25.02	В	1 {2}	н/о		н/о	+28.1	+25.7	87	+42	+42	очень душно	1005.9	999.0		
21 25.02	штиль	0 {1}	н/о		н/о	+27.2	+24.8	87	+39	+39	очень душно	1005.8	998.9		
22 25.02	штиль	0	н/о		н/о	+27.5	+25.1	87	+40	+40	очень душно	1006.6	999.7		
23 25.02	В	1 {2}	н/о		н/о	+30.8	+28.4	87	+52	+52	очень душно	1007.7	1000.8		
00 26.02	СВ	2 {4}	н/о		н/о	+32.1	+29.7	87	+58	+58	очень душно	1008.6	1001.7		
01 26.02	СВ	2 {3}	н/о		н/о	+33.4	+30.9	87	+64	+64	очень душно	1008.1	1001.2		
02 26.02	В	2 {5}	н/о		н/о	+34.8	+32.3	87	+71	+71	очень душно	1007.7	1000.8	+27.0	
03 26.02	ЮВ	2 {5}	н/о		н/о	+35.6	+33.1	87	+76	+76	опасность перегрева	1006.6	999.7		
04 26.02	ЮВ	3 {6}	н/о		н/о	+35.6	+33.1	87	+76	+76	опасность перегрева	1005.8	998.9		
05 26.02	В	2 {5}	н/о		н/о	+37.0	+34.5	87	+84	+84	опасность перегрева	1004.7	997.8		
06 26.02	Ю	2 {4}	н/о		н/о	+36.0	+33.5	87	+78	+78	опасность перегрева	1003.6	996.7		
07 26.02	ЮВ	1 {4}	н/о		н/о	+36.0	+33.5	87	+78	+78	опасность перегрева	1002.9	996.0		
08 26.02	ЮВ	1 {3}	н/о		н/о	+35.6	+33.1	87	+76	+76	опасность перегрева	1003.3	996.4		



Ощущаемая температура и термический комфорт



Метеорологические факторы

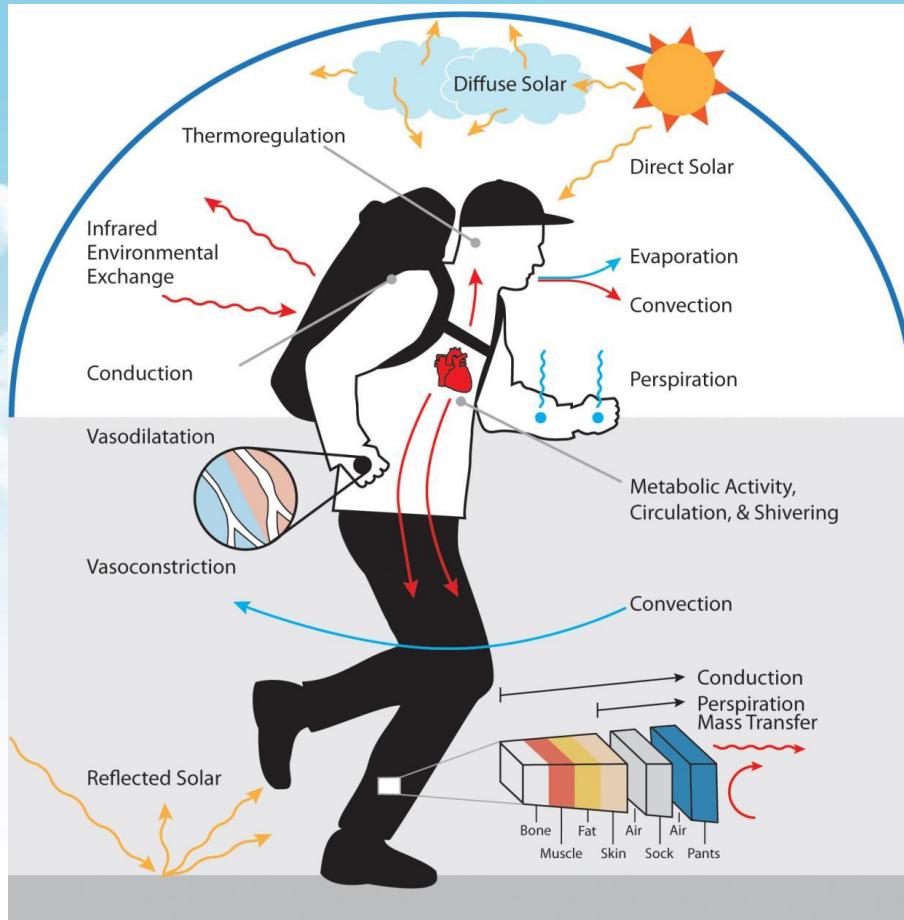
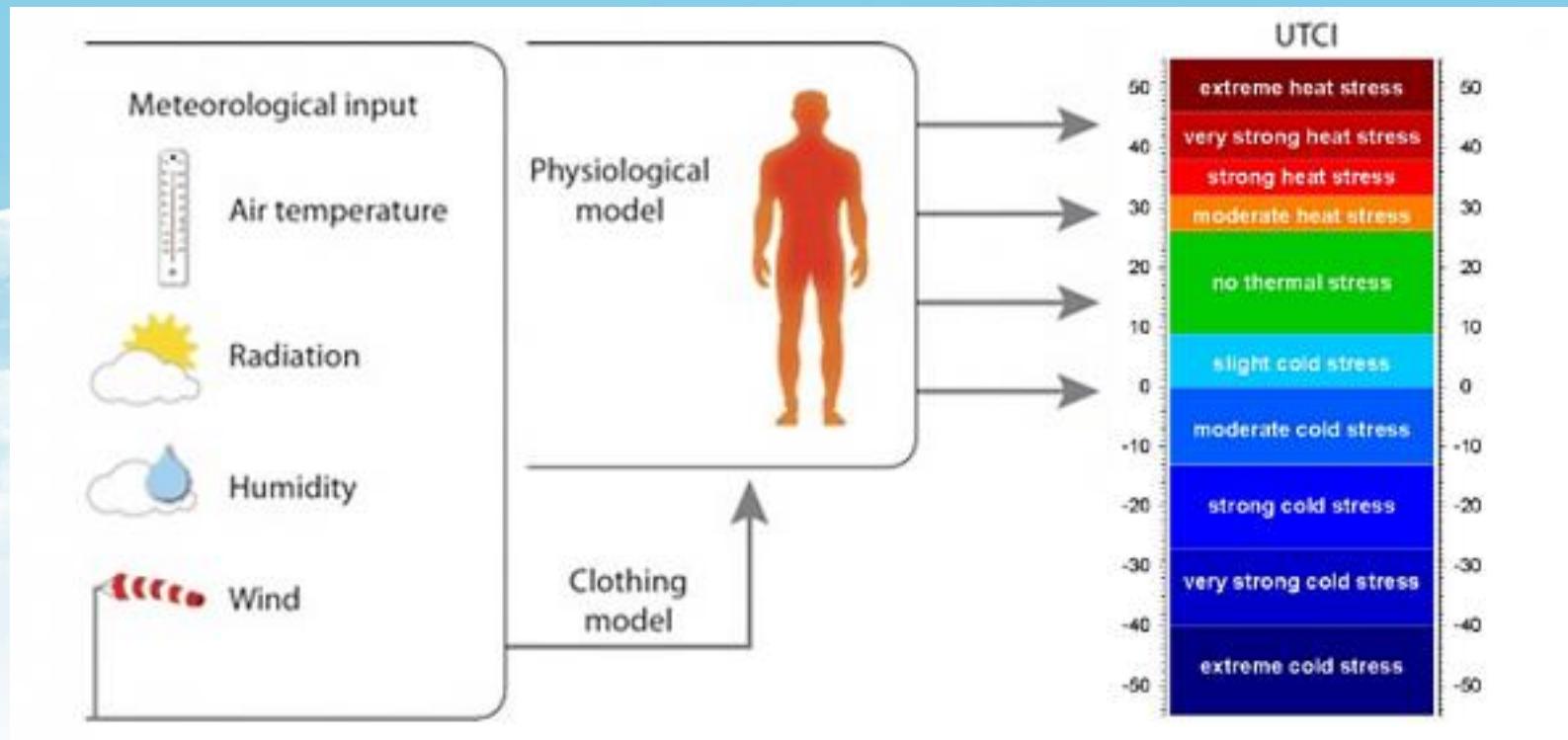


Figure 14.1 On a very hot day in July, 2012, park users in St. Louis, United States, chose to sit in the shadow of the Gateway Arch, a slender sculpture that generates a narrow band of shade, rather than the adjacent sunlit grass (Credit: St. Louis Dispatch).

Биометеорологические индексы



Задачи биометеорологических индексов:

- Оценить «ощущаемой температуры» на основе комплексного влияния различных метеовеличин
- Соотнести полученную оценку с угрозой для здоровья человека

Биометеорологические индексы

Прямые индексы
 (явно определяются на основе метеопараметров по заданным формулам)

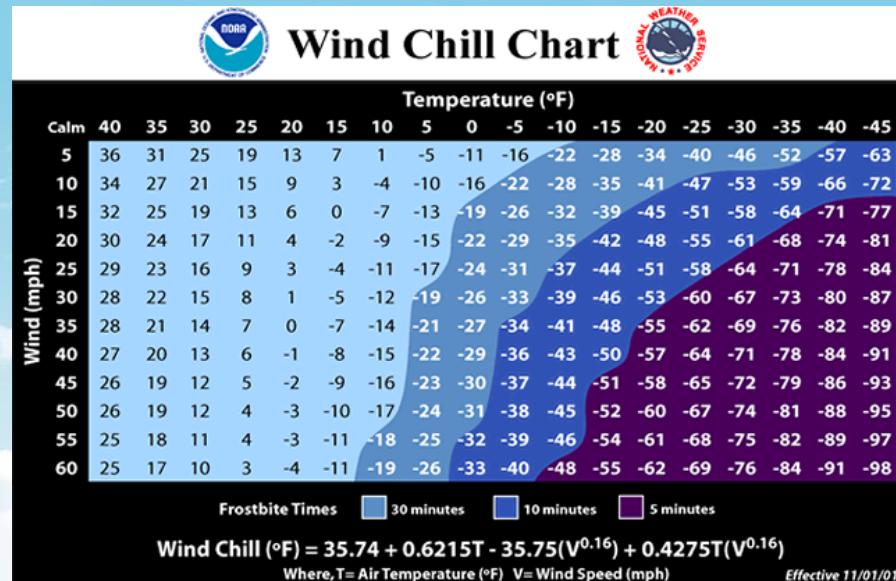
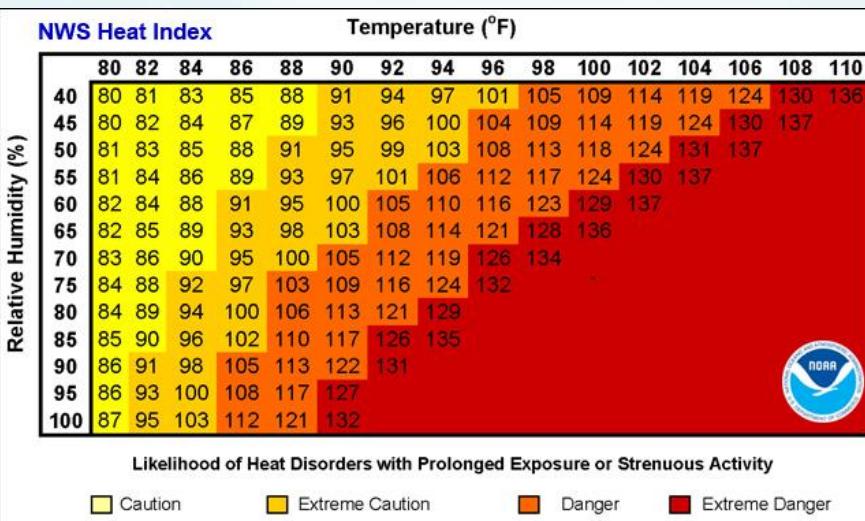
- Холодовые
- Тепловые

$$\text{Humidex} = T_a + 0.5555 (e - 10.0) \quad (\text{°C})$$

Equation 14.18

$$\begin{aligned} \text{WCI} = & 13.12 + 0.6215 T_a - 11.37 \bar{u}^{0.16} \\ & + 0.3965 T_a \bar{u}^{0.16} \quad (\text{°C}) \end{aligned}$$

Equation 14.19

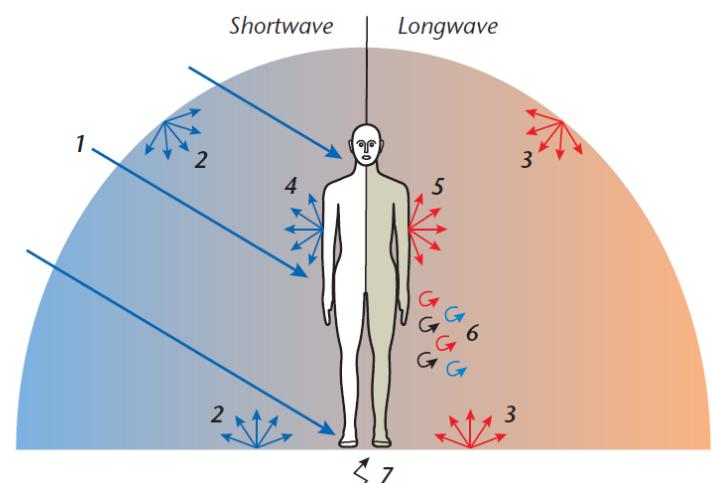


«Рациональные» индексы
 (определяются на основе на модели теплового баланса)

Under stationary conditions due to principles of thermodynamics:
 total of input energies = total of output energies

$$H + Q^* + Q_H + Q_L + Q_{Sw} + Q_{re} = 0$$

- H: internal heat production (metabolic heat production - heat loss due to physical (mechanical) work)
- Q^{*}: net radiation (radiative heat flux)
- Q_H: turbulent flux of sensible heat (convection heat flux), interchange of sensible heat between the surface of the body and the ambient air
- Q_L: turbulent flux of latent heat due to water vapour diffusion through the skin into the ambient air
- Q_{Sw}: turbulent flux of latent heat due to sweat evaporation
- Q_{re}: heat flux due to respiration (heating and humidification of expired air)



Биометеорологические индексы

Table S2. Thermal stress grades according to considered indices according to (Steadman R.G. 1979, Masterton, J. M., & Richardson 1979, Matzarakis *et al* 1999, Blazejczyk *et al* 2012)

	<i>HI</i>	<i>HUM</i>	<i>PET</i>	<i>UTCI</i>	<i>WCT</i>
<i>Extreme heat stress</i>	>54	>55	>41	>46	n/a
<i>Very high heat stress</i>	51÷54	45÷55	35÷41	38÷46	n/a
<i>High heat stress</i>	32÷41	40÷45	39÷35	32÷38	n/a
<i>Moderate heat stress</i>	27÷32	30÷40	23÷29	26÷32	n/a
<i>No thermal stress</i>	n/a	n/a	8÷23	9÷26	n/a
<i>Moderate cold stress</i>	n/a	n/a	8÷18	-13÷9	-10÷-28
<i>High cold stress</i>	n/a	n/a	4÷8	-27÷-13	-28÷-40
<i>Very high cold stress</i>	n/a	n/a	<4	-40÷-27	-40÷-54
<i>Extreme cold stress</i>	n/a	n/a	n/a	<-40	<-55

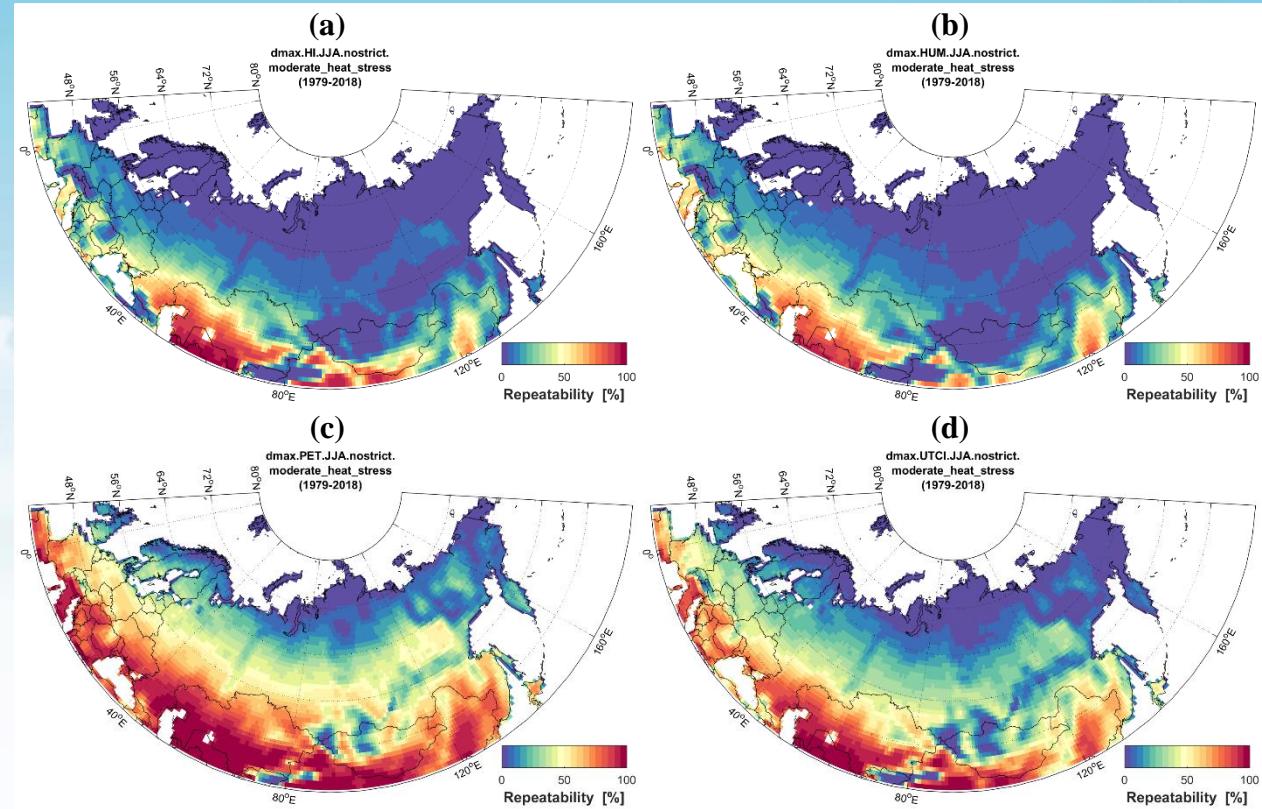


Figure 6. Repeatability of the days with moderate or stronger heat stress in summer according to *HI* (a), *HUM* (b), *PET* (c) and *UTCI* (d) indices

Konstantinov, P. I., Varentsov, M. I., and Shartova, N. V. North Eurasian thermal comfort indices dataset (NETCID): new gridded database for the biometeorological studies. *Environmental Research Letters* 17, 8 (2022), 085006

Биометеорологические индексы

Предложено более 100 индексов, см. подробнее в обзорных статьях



Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Review

Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification

Oded Potchter^{a,b,*}, Pninit Cohen^a, Tzu-Ping Lin^c, Andreas Matzarakis^d

^a Department of Geography and the Human Environment, Tel Aviv University, P.O. Box 39040, Tel Aviv, Israel

^b Department of Geography, Beit Berl College, Israel

^c Department of Architecture, National Cheng Kung University, Taiwan

^d Research Center Human Biometeorology, German Meteorological Service, Germany

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.276>



ISSN 1068-3739, Russian Meteorology and Hydrology, 2014, Vol. 39, No. 7, pp. 448–457. © Allerton Press, Inc., 2014.
Original Russian Text © S.V. Emelina, P.I. Konstantinov, E.P. Malinina, K.G. Rubinshtein, 2014, published in Meteorologiya i Gidrologiya, 2014, No. 7, pp. 25–37.

Evaluation of the Informativeness of Several Biometeorological Indices for Three Areas of the European Part of Russia

S. V. Emelina^a, P. I. Konstantinov^b, E. P. Malinina^b,
and K. G. Rubinshtein^a

^aHydrometeorological Research Center of the Russian Federation,
Bolshoi Predtechenskii per. 11–13, Moscow, 123242 Russia, e-mail: tkachukzn@gmail.com

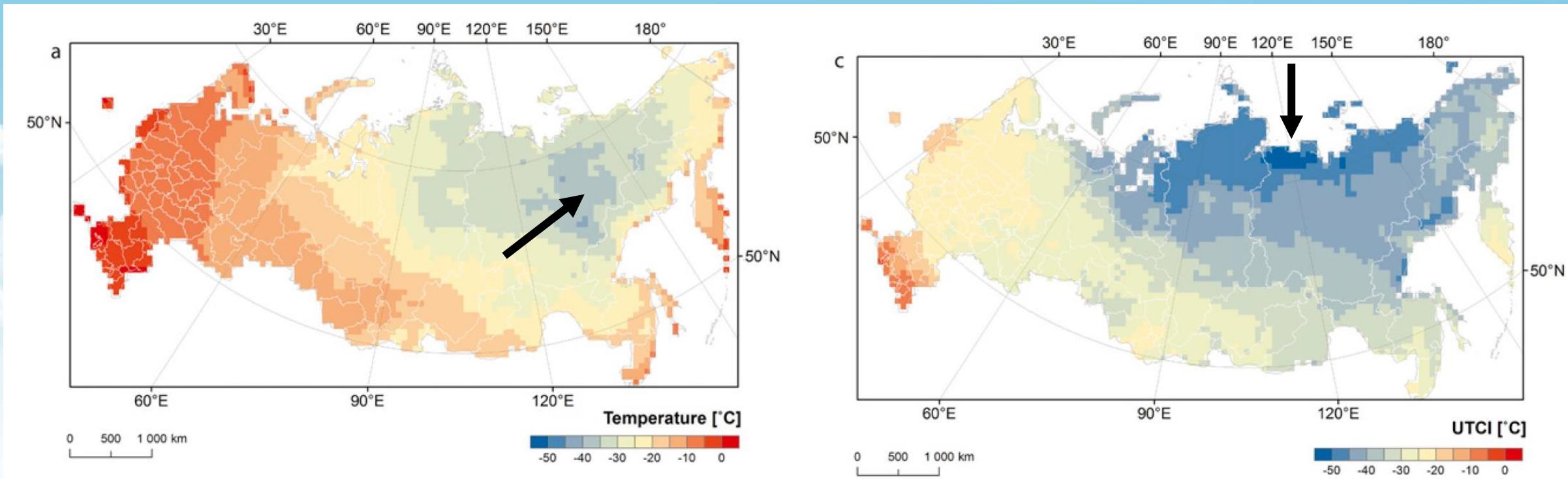
^bLomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, 119991 Russia

Received January 20, 2014

Abstract—Presented is the review of the indices of weather condition comfort that are most frequently used in biometeorology. Described are practical and laboratory experiments carried out by the authors that helped deriving formulae for their computation as well as the limits of applicability of these indices. To assess the impact of changing weather conditions and their aggregate (biometeorological indices) on population health in different seasons, the data of medical statistics were used: on daily mortality of heart attacks in Murmansk (2001–2004), on daily mortality of coronary heart disease in Moscow (2007–2010), and on daily ambulance calls with the essential hypertension diagnosis in Kislovodsk (2006–2008). Determined are the indices having significant correlation with the data of medical statistics. Using the method of cross-correlation analysis of the daily series of ambulance calls and deaths, it was possible to identify the period of the response of the human organism with cardiovascular diseases to changing weather conditions during the warm and cold seasons.

<https://link.springer.com/article/10.3103/S1068373914070036>

Термический комфорт и полюс холода



Varentsov, M., Shartova, N., Grischenko, M., and Konstantinov, P. Spatial patterns of human thermal comfort conditions in russia: Present climate and trends. *Weather Climate and Society* 12, 3 (2020), 629–642.

Термический комфорт в городской среде

Факторы, определяющие местные особенности теплового комфорта в городах:

Мезомасштабные факторы

- Остров тепла
- Аномалии влажности
- Влияние этих аномалий на ветер
- ...

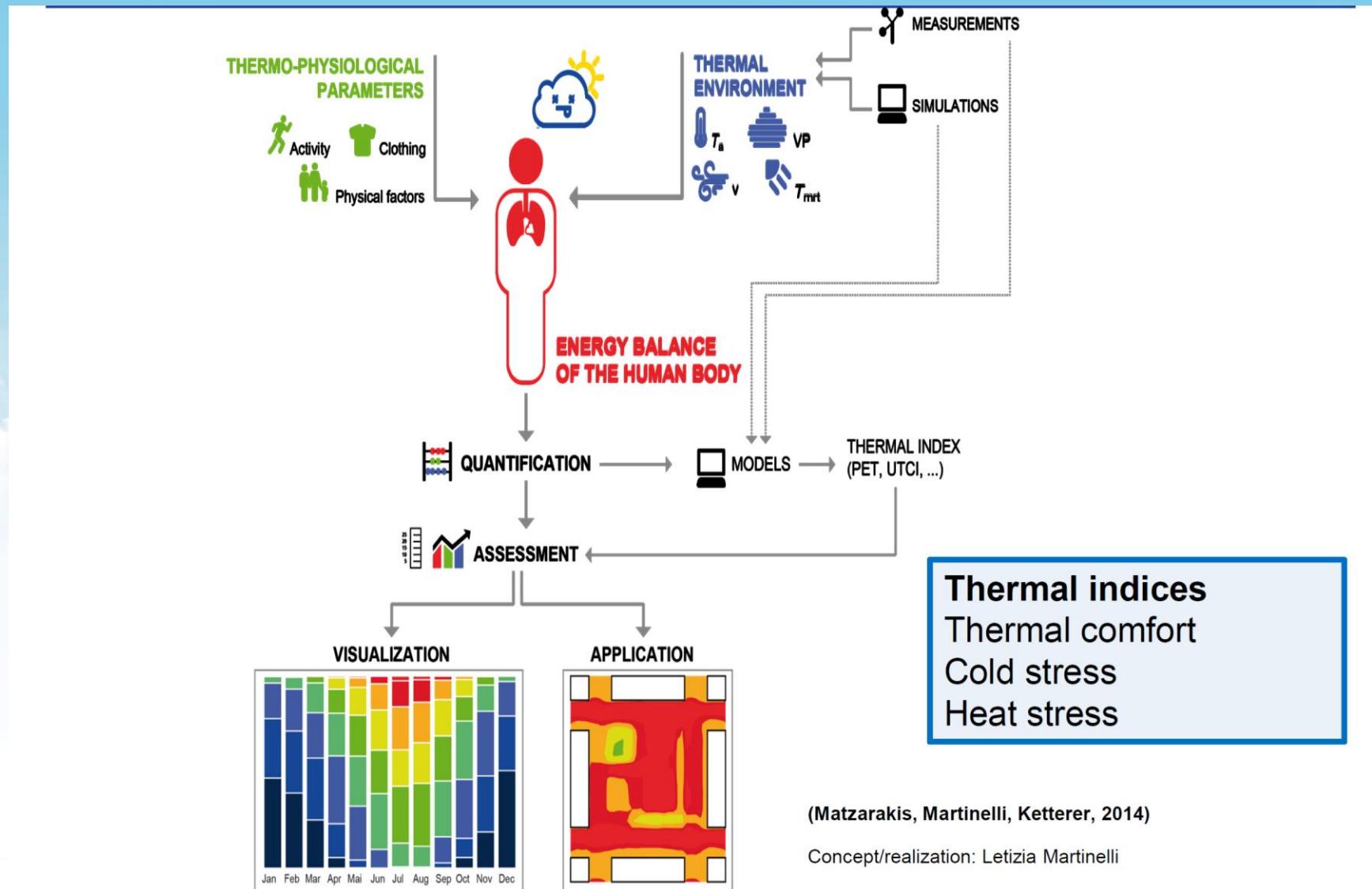
Микромасштабные факторы

- Затенение
- Радиационные потоки от различных поверхностей
- Влияние на ветер отдельных зданий

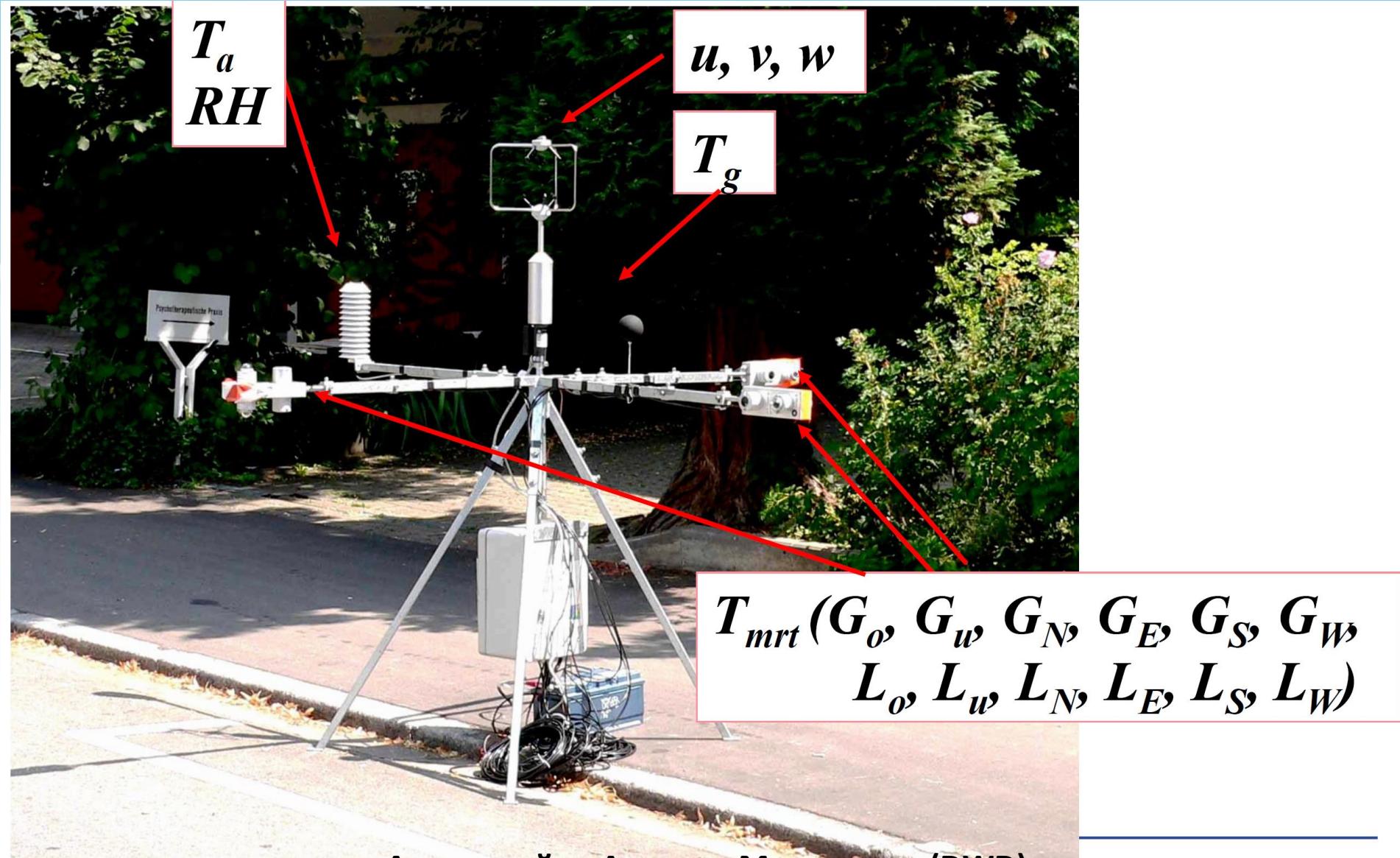


Figure 14.4 Visible and infrared (thermal) images for two urban landscapes in Berlin, Germany illustrating the radiation environment (Credit: F. Meier; with permission).

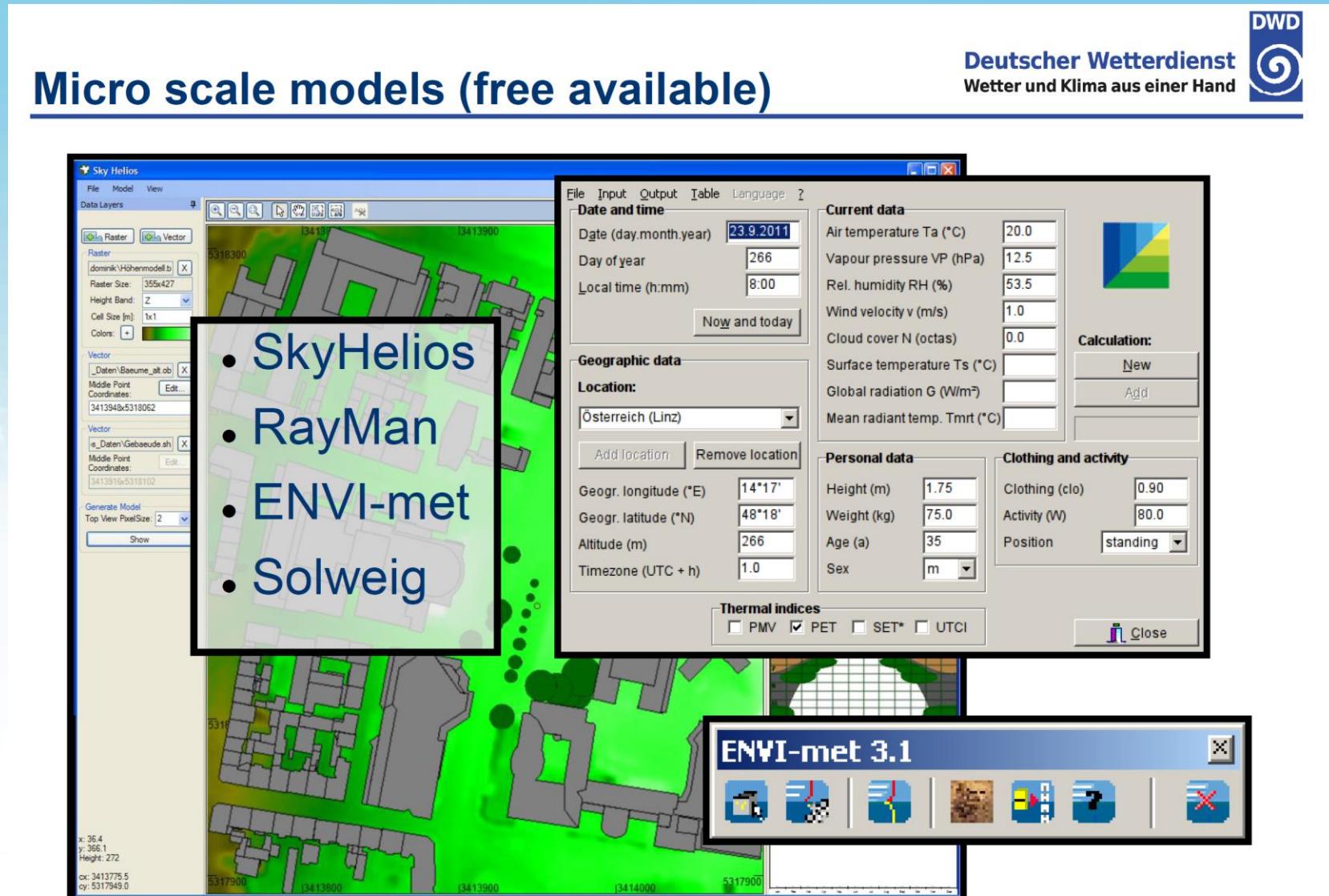
Моделирование термического комфорта



Моделирование термического комфорта



Моделирование термического комфорта



Автор слайда Андреас Матзаракис (DWD)

Моделирование термического комфорта

<u>Micro scale models – Details (free available)</u>	
<u>RayMan</u> <ul style="list-style-type: none">- Radiation fluxes- Sunshine duration, sun paths- Sky View Factor- Thermal indices (PET, UTCI, ...)- Point model, (Spatial)- Requires Ta, VP/RH, v, (bew/G) - many possib./flexible input/output	<u>ENVI-met</u> <ul style="list-style-type: none">- Spatial- Ta, RH, wind, Tmrt,- SVF, (PET), PMV- Primary air pollutants - Adaptation fact. for Parameters- long running time- Outputs require strong knowledge ...
<u>SOLWEIG</u> <ul style="list-style-type: none">- Spatial- SVF, Tmrt, PET,- only digital formats- Black Box	<u>SkyHelios</u> <ul style="list-style-type: none">- Spatial- flexible in input/output- Combination of data formats- Interface to RayMan, ENVI-met- SVF, G, Tmrt, (v),- moderate/short running time

Моделирование термического комфорта

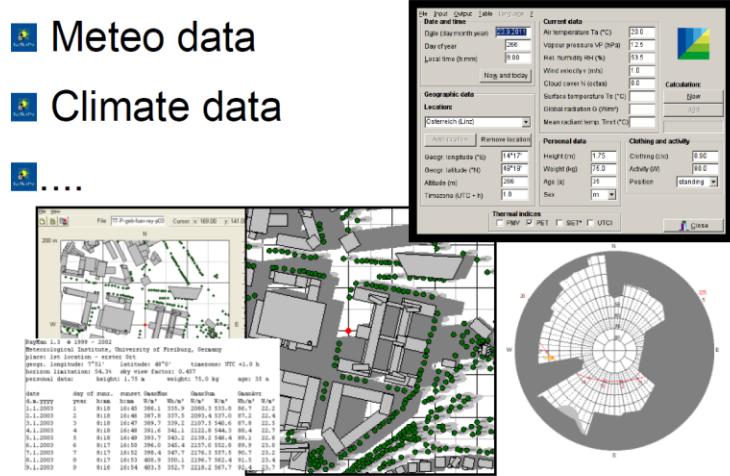
RayMan Pro - A Tool for Applied Climatology
(urban climatology, human-biometeorology, tourism climatology, ...)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand 

 RayMan Pro

- Sunshine duration
- Sun paths
- Shadow
- Global radiation
- Mean radiant temperature
- Predicted Mean Vote (PMV)
- Phys. Equiv. Temp. (PET)
- Stand. Effec. Temp. (SET*)
- Universal Thermal Climate Index (UTCI)
- Perceived Temperature (pT)
- new: mPET

- Simple environments
- Complex environments
- Topography
- Fish-Eye
- Hemisph. input/SVF
- Meteo data
- Climate data
-



The screenshot shows the RayMan Pro software interface. At the top, there's a menu bar with options like 'File', 'Your Output', 'Data', 'Topography', 'Help', and 'About'. Below the menu is a data entry window with sections for 'Current data' (Air temperature Ta [°C], Vapor pressure VP [hPa], Relative humidity RH [%], Wind velocity [m/s], Cloud cover N [octal], Surface temperature Ts [°C], Surface radiation G [W/m²], Mean radiant temp. Trn [°C]), 'Geographic data' (Location: Göttingen (Lind), Geog. longitude (°E), Geog. latitude (°N), Altitude (m), Timezone (UTC + n)), 'Personal data' (Height [m], Weight [kg], Age [y], Sex), and 'Clothing and activity' (Clothing (clo), Activity (n), Posture). Below the data entry window is a map of Bayreuth, Germany, with a red dot indicating the location. A small text box on the map provides specific coordinates and parameters: Bayreuth, 1.3 km from 4999 Lind; Meteorological Institute, University of Bayreuth, Germany; place: Bayreuth; geog. longitude: 11°51' E; geog. latitude: 49°12' N; observer: UTC +1.0 h; personal data: height: 1.75 m; weight: 75.0 kg; age: 33 y.

Автор слайда Андреас Матзаракис (DWD)

Практическое задание №4

Моделирование биоклиматической комфортности в городской среде

Часть 1. Работа с моделью микромасштабной моделью RayMan

- Конвертировать данные реанализа или наблюдений для вашего города (для периода продолжительностью 1 месяц) для теплого времени года в формат форсинга, требуемый для модели RayMan
- Сконфигурировать настройки модели (координаты и пр.)
- Выполнить модельный расчет индексов термического комфорта для открытой площадки (без застройки)
- Сравнить в формате графиков временную динамику температуры воздуха, радиационной температуры (MRT) и индексов UTCI, PET, mPET
- Повторить расчеты, изменения физиологические параметры человека (пол/возраст, уровень физической активности) и параметры одежды, сравнить результаты
- Сконфигурировать фрагмент городской среды выбранного города (задать несколько зданий), используя шейпфайлы из OSM
- Выполнить модельный расчет индексов термического комфорта для точки в окружении застройки
- Сравнить в формате графиков результаты расчетов для открытой площадки и точки в окружении застройки
- Выделить моменты времени с различными градациями теплового стресса
- Закончить первую часть нужно к следующему понедельнику. Дальше будет продолжение.

Модель RayMan

The image shows three windows of the RayMan Pro software:

- RayMan Pro**: A main configuration window with tabs for File, Input, Output, Table, Language, and ?.
- Current data**: Displays environmental parameters: Date (6.3.2013), Air temperature Ta (21.1 °C), Vapour pressure VP (35.6 hPa), Rel. humidity RH (142.5 %), Wind velocity v (4.0 m/s), Cloud cover N (0.0 octas), Surface temperature Ts (600 °C), Global radiation G (600 W/m²), and Mean radiant temp. Trmt (0 °C).
- Geographic data**: Shows location set to Deutschland (Freiburg) with coordinates Geogr. longitude (7°51'E) and Geogr. latitude (48°0'N). Personal data includes Height (1.75 m), Weight (75.0 kg), Age (35), Sex (m), Clothing (clo 0.9), Activity (W 80), Position (standing), and a checkbox for Auto Standard Clo for mPET.
- Thermal indices**: Includes checkboxes for PMV, PET, SET*, UTCI, PT, and mPET.
- Calculation**: Buttons for New and Add.
- Edit obstacles**: A map view titled "RayMan Pro - Edit obstacles - Hindernisobjekte bearbeiten". It shows a site plan with buildings and trees. The map has axes N, S, E, W and scale markers from -200 m to 200 m. A cursor is positioned at x: 97.00, y: 42.00. On the right, there are options for Obstacle type (Building, Deciduous tree, Coniferous tree), Obstacle # (26), Rotate obstacles (Angle 0), Location (Altitude 1.00 m), Scale (1 m/pixel), and Yardstick (1 m).
- Shp to Obs Converter**: A dialog box for converting shapefiles to obstacle files. It has tabs for Buildings, Trees (optional), and Center Point(s). It prompts for the layer for trees (set to tree) and provides fields for Trees config (tree height, radius, type), Trunk config (trunk height, radius), and a list of IDs.

Сайт модели: <https://www.urbanclimate.net/rayman/index.htm>

Matzarakis, A., Rutz, F. & Mayer, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 51, 323–334 (2007).

Matzarakis, A., Rutz, F. & Mayer, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 54, 131–139 (2010). <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0>

Подготовка данных

Облачность (октанты!)

					T	RH (%)	V (m/s)	Ts
1	01.01.2010	0	37.62	55.83	148	-6.0	91.9	0.4 8.0 -6.3
2	01.01.2010	3	37.62	55.83	148	-9.2	91.6	0.4 8.0 -10.5
3	01.01.2010	6	37.62	55.83	148	-11.5	90.0	0.4 7.2 -15.4
4	01.01.2010	9	37.62	55.83	148	-10.1	85.1	0.7 6.4 -10.2
5	01.01.2010	12	37.62	55.83	148	-8.9	82.6	0.7 5.6 -10.2
6	01.01.2010	15	37.62	55.83	148	-11.4	85.0	0.7 2.4 -16.4
7	01.01.2010	18	37.62	55.83	148	-14.4	89.7	0.4 4.0 -21.6
8	01.01.2010	21	37.62	55.83	148	-16.2	89.6	0.4 0.0 -23.1
9	02.01.2010	0	37.62	55.83	148	-13.7	89.8	0.7 8.0 -15.0
10	02.01.2010	3	37.62	55.83	148	-11.6	95.3	0.7 8.0 -11.7

```

E = 6.1*10 .^ (7.45*t ./ (235+t));
e = 6.1*10 .^ (7.45*td ./ (235+td));

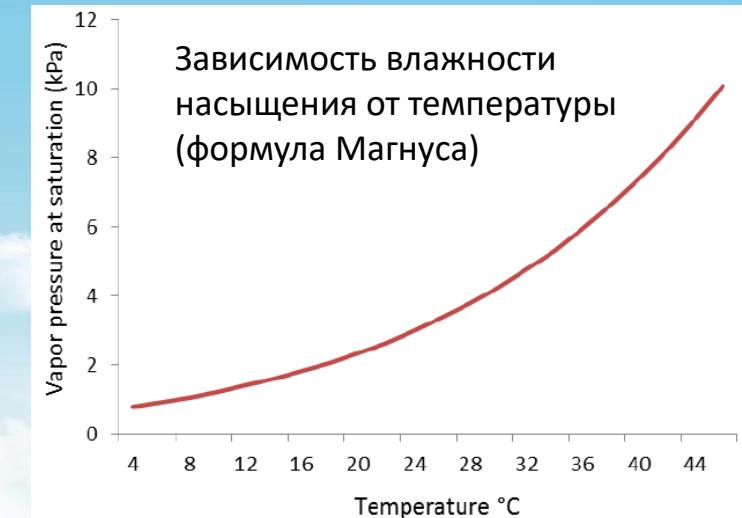
era_data.data.rh2m = 100 * (e ./ E);

era_data.data.vel10 = sqrt (era_data.data.u10 .^ 2 + era_data.data.v10 .^ 2);

z0 = 0.2;

era_data.data.vel4rayman = era_data.data.vel10 * log (1.1/0.2) / log(10/0.2);

```



$$\bar{v}_h(z) = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z}{z_{0,m}}$$

Logarithmic wind profiles when $u_* = 1 \text{ m s}^{-1}$.

