

Доклад

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ГОРОДОВ ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА: АНАЛИЗ БАЗЫ ДАННЫХ «УСТОЙЧИВАЯ И БЛАГОПРИЯТНАЯ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ГОРОДСКАЯ СРЕДА» (SHUE)

James Milner¹, Jonathon Taylor², Mauricio L. Barreto^{3,4}, Mike Davies², Andy Haines¹, Colin Harpham⁵, Meena Sehgal⁶, Paul Wilkinson¹ от имени партнеров проекта SHUE

¹ Департамент исследований по социальным вопросам и гигиене окружающей среды, Лондонская школа гигиены и тропической медицины, Лондон, Соединенное Королевство

² Институт экологического дизайна и проектирования, Университетский колледж Лондона, Лондон, Соединенное Королевство

³ Центр интеграции данных и знаний в области здравоохранения (CIDACS), Instituto Gonçalo Moniz, Салвадор-Баия, Бразилия

⁴ Instituto de Saude Coletiva, Федеральный институт Баия, Салвадор-Баия, Бразилия

⁵ Научно-исследовательский отдел по вопросам климата, Университет Восточной Англии, Норидж, Соединенное Королевство

⁶ Институт энергетики и ресурсов (TERI), Нью-Дели, Индия

Автор, отвечающий за переписку: James Milner (адрес электронной почты: james.milner@lshtm.ac.uk)

АННОТАЦИЯ

Введение: В мире, характеризующемся неуклонным ростом урбанизации, городам отводится центральное место в деятельности по укреплению здоровья людей и обеспечению устойчивого развития. Цель проекта Sustainable Healthy Urban Environments (SHUE; Устойчивая и благоприятная для здоровья городская среда) заключается в предоставлении информационного ресурса общего пользования для поддержки этой деятельности. Он направлен на проверку методов и целесообразности сбора данных относительно характеристик избранных городов со всего мира, а также проживающего в них населения для проведения сравнительных анализов и использования таких данных для оценки того, каким образом меры политики

могут содействовать устойчивому городскому развитию и укреплению здоровья людей.

Методы: В качестве первой демонстрации базы данных мы предлагаем вашему вниманию анализы избранных параметров относительно изменения климата, загрязнения воздуха и риска наводнений для 64 городов Европейского региона ВОЗ.

Результаты: Согласно сценарию траектории высокого уровня выбросов парниковых газов (RCP8.5), результаты анализов дают основание полагать, что в европейских городах температура воздуха возрастет до опасного и самого высокого уровня по сравнению с другими городами, представленными в глобальной базе данных. При этом во всех

городах, лишь за исключением нескольких, уровни загрязнения воздуха мелкими твердыми частицами (PM_{2.5}) будут существенно превышать показатели, рекомендуемые в руководстве ВОЗ по качеству воздуха. Во многих районах экологические угрозы будут усугубляться риском наводнения.

Обсуждение: Эти выводы, хотя они являются предварительными, поскольку базируются на ограниченных данных, свидетельствуют о необходимости принятия безотлагательных мер по борьбе с изменением климата (меры по адаптации и смягчению последствий), а также по устранению рисков, связанных с загрязнением воздуха и другими экологическими угрозами.

Ключевые слова: ГОРОД, ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА, ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА, НАВОДНЕНИЕ, ЕВРОПА

ВВЕДЕНИЕ

Более половины населения земного шара, численность которого достигла 7,5 млрд человек, проживает в городах, и, по прогнозам, к 2050 г. его численность возрастет еще на 2,5 млрд. При этом на города приходится около 85% глобальной экономической деятельности (1). В Европе приблизительно 73% людей живут в городских районах (1). Растет признание того, что проектирование и функционирование городов, а также управление ими имеет важное значение для достижения целей по повышению устойчивости и укреплению здоровья населения, особенно в таких областях, как реагирование на изменение климата и меры политики, связанные с энергетикой, жильем, транспортом и продовольствием (2–4). Жизнь в городах сопряжена со многими экологическими проблемами, в частности, с загрязнением воздуха, дорожным травматизмом, шумом и социальной изоляцией (2,5), вместе с тем в городах также создаются условия для укрепления здоровья, особенно в контексте перехода к низкоуглеродистым технологиям (6–8). Хорошо спланированное городское развитие играет важнейшую роль в достижении многих Целей в области устойчивого развития (ЦУР) (9), задач Парижского соглашения по климату (10) и Новой городской повестки дня (11).

Проект «Устойчивая и благоприятная для здоровья городская среда» – это инициатива, в рамках которой оказывается поддержка при разработке мер политики по направлениям, связанным с этими проблемами и возможностями в области окружающей среды и здоровья. Он направлен на проверку методов и целесообразности сбора данных относительно характеристик отдельных городов мира, а также проживающего в них населения для проведения сравнительных анализов и использования таких данных для оценки того, как меры политики могут содействовать устойчивому городскому развитию и укреплению здоровья людей. В число конкретных задач проекта входят: выявление причин существующих между городами различий в плане устойчивого развития и факторов, влияющих на здоровье городских жителей и их поведение; оценка потенциала по укреплению здоровья населения путем применения стратегий, направленных на повышение экологической устойчивости и сопротивляемости к растущим экологическим угрозам; а также определение возможных мер политики и ме-

роприятий, влияние которых на здоровье и устойчивость может стать предметом будущих оценочных исследований.

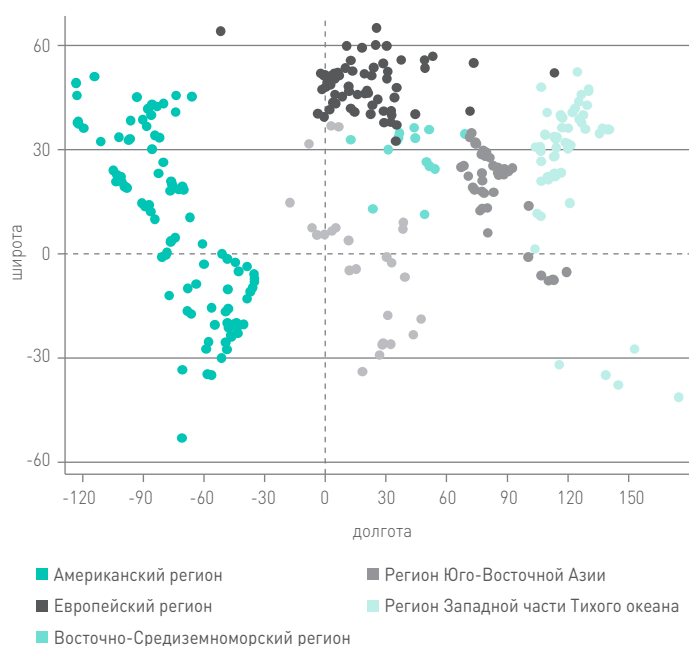
В рамках проекта собираются данные о репрезентативной в глобальном масштабе выборке городов. Ожидается, что информация, содержащаяся в настоящей базе данных, поможет лучше понять различия между особенностями разных городов и определить потребности и возможности для улучшенного городского планирования с учетом вопросов здоровья и устойчивости. Настоящая база данных после завершения ее разработки должна стать находящимся в открытом доступе ресурсом, доступным для научного сообщества и вовлеченных в разработку политики кругов.

Для демонстрации самой базы данных и ее потенциала в этой статье мы приводим результаты предварительного анализа экологических параметров и показателей здоровья людей для Европейского региона ВОЗ, которые свидетельствуют об изменении климата, загрязнении воздуха и риске наводнений.

МЕТОДЫ

В базе данных содержится информация о 246 городах мира с численностью населения более 15 тыс. человек, полученная из базы данных GeoNames (12). Информация разбита на группы в зависимости от уровня национального богатства, выраженного как валовый национальный доход (ВНД) на душу населения (<1045 долл. США, 1045–4125 долл. США, 4125–12 746 долл. США, >12 746 долл. США) (13); численности населения (<100 тыс., 100 тыс. – 500 тыс., 500 тыс. – 1 млн, 1–5 млн, >5 млн); а также с учетом области экологического региона по классификации Бейли (засушливая область, влажная умеренная, влажная тропическая, полярная) (14). Также в выборку были включены 63 специально отобранных города с хорошей репутацией, сложившейся в результате проводимых в них мер политики, которые направлены на то, чтобы сделать их «устойчивыми городами». Таким образом, общее число городов в базе данных SHUE достигло 309. Географическое распределение городов показано на рис. 1. В табл. 1 перечислены 64 города Европейского региона ВОЗ, включенные в базу данных, в том числе 55 городов, отобранных произвольно.

РИСУНОК 1. ГОРОДА SHUE В РАЗБИВКЕ ПО РЕГИОНАМ ВОЗ



КЛАССИФИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА И ХАРАКТЕРИСТИК ГОРОДОВ

Данные об экологических факторах риска были получены из отдельных наборов данных. Здесь мы уделяем основное внимание избранным переменным показателям, связанным с метеорологическими параметрами, загрязнением воздуха и риском наводнения:

- Прогнозируемые изменения климата/ температуры: данные моделирования текущего и возможного будущего климата были предоставлены Научно-исследовательским отделом по вопросам климата (CRU) Университета Восточной Англии с использованием оценочных показателей для городов проекта SHUE, извлеченных для ближайшего квадрата сетки модели (обычно в разрешении нескольких сотен километров), полученных из ансамбля 18 глобальных климатических моделей (ГКМ) на 2015, 2050 и 2100 гг., согласно сценарию без принятия мер по сокращению уровня выбросов парниковых газов (RCP8.5) (15–18). Модельные расчеты были получены в рамках проекта CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) (19). Анализы основаны на среднемесячных значениях среднесуточных температур за самый жаркий месяц года.

ТАБЛИЦА 1. ГОРОДА ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА ВОЗ (>15 ТЫС. ЖИТЕЛЕЙ) В БАЗЕ ДАННЫХ SHUE*

Страна	Города
Армения	Ереван
Беларусь	Гомель, Гродно, Лепель
Бельгия	Намюр, Остенде
Болгария	<i>София</i>
Венгрия	Мезотур
Германия	Берлин, Дюссельдорф, Гамбург, <i>Мюнхен</i>
Гренландия	Нуук
Греция	Катерини
Дания	<i>Копенгаген</i>
Израиль	Хадера
Испания	Мадрид, Сан-Висенс-дельс-Орс, Валенсия
Италия	Брессаноне, Кава-де-Тиррени, Неаполь, Рим, Верчелли
Нидерланды	Роттердам, Ворст
Норвегия	Осло
Польша	Ленчна, Лодзь
Российская Федерация	Чита, Ижевск, Казань, Москва, Омск, Санкт-Петербург, Тольятти
Румыния	Арад, Бухарест
Сербия	Суботика
Соединенное Королевство	Фарнборо, Глостер, Лондон
Турция	Адана, Анкара, Денизли, Карабюк, Конья, Стамбул
Узбекистан	Наманган
Украина	<i>Киев</i> , Симферополь, Запорожье
Финляндия	<i>Хельсинки</i> , Оулу
Франция	Брюна, Ле-Гран-Кевийи, Ле-Ман, Лион, Марсель, Монпелье, Нант, <i>Париж</i>
Хорватия	Загреб
Швеция	<i>Стокгольм</i>

*Названия специально отобранных городов написаны курсивом.

- Загрязнение воздуха: средние годовые концентрации мелких твердых частиц ($PM_{2.5}$) для каждого города были получены из базы данных ВОЗ по загрязнению атмосферного воздуха в городах за 2016 г. (20), в которой содержатся оценочные показатели, основанные на измерениях станций мониторинга за 2010–2015 гг.

- Наводнения: оценочные показатели воздействия наводнений в сетке координат в разбежку от 1 (низкое) до 5 (экстремальное) были предоставлены Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) (21). Оценка риска для каждого города была сделана, исходя из квадрата сетки (0,1 x 0,1 градусов), в которой находится центр города.

Вышеописанные данные были объединены с данными о следующих характеристиках городов:

- Численность населения: оценочные параметры численности населения городов и больших городских массивов в соответствующих случаях были получены из самых последних переписей населения, правительственных статистических данных, Статистического отдела ООН, а в случае отсутствия данных в этих источниках – напрямую из базы данных GeoNames.
- Местонахождение: координаты городов были получены из базы данных GeoNames, информация об их административных границах – из базы данных Global Administrative Areas (GADM) (22) и OpenStreetMap (23), а при отсутствии данных в этих источниках – из Google Maps.
- Благосостояние: данные о валовом внутреннем продукте на душу населения (пересчитанном по паритету покупательной способности в долларах США) были получены из ряда источников, включая Брукингский институт, Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и Всемирный банк. Если данные на уровне города были недоступны, использовались региональные или национальные данные.
- Экологический регион: была проведена классификация городов в соответствии с экологическим регионом по классификации Бейли – иерархической системы, основанной на климатических, растительных, геоморфологических и почвенных характеристиках (14). Мы использовали только уровень классификации «Область».

АНАЛИЗ

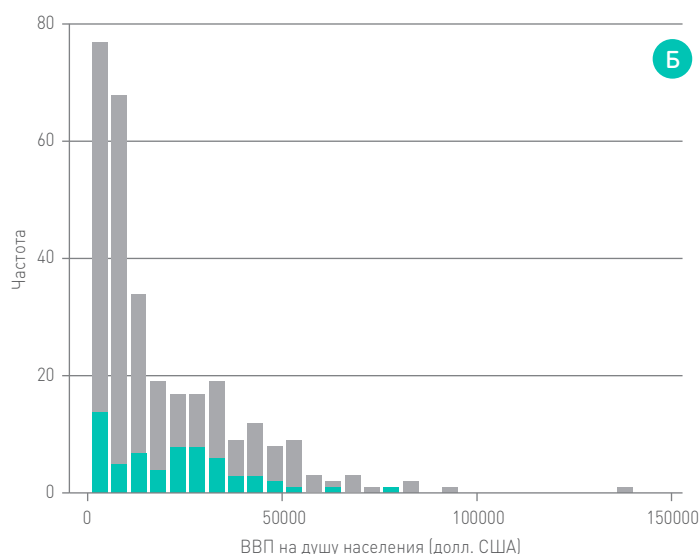
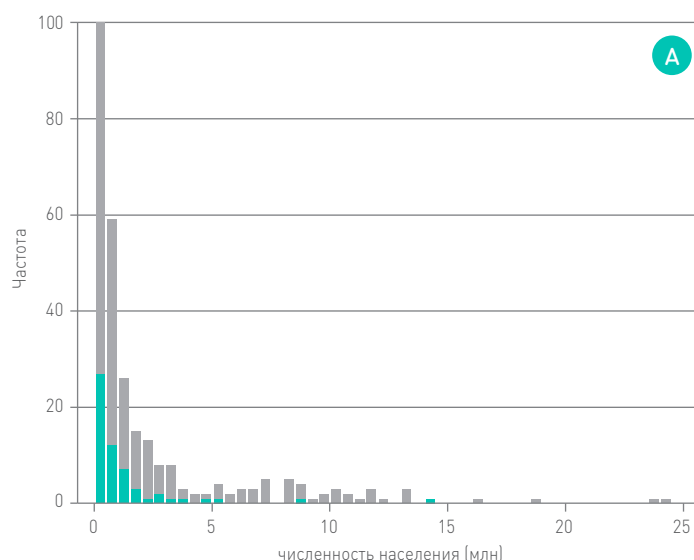
Данные за самые последние годы по каждому из городов были проанализированы при помощи простых табличных и графических методов, чтобы

изучить одномерное и двумерное распределение экологических характеристик по городам. Если данные по конкретному городу отсутствовали, то он исключался из соответствующей части анализа. Мы приводим информацию по всем городам мира, представленным в базе данных SHUE, выделяя данные о городах Европейского региона ВОЗ, чтобы представить европейские данные в глобальном контексте. Что касается загрязнения воздуха, мы даем анализ факторов, обуславливающих колебания концентраций загрязняющих частиц $PM_{2.5}$, чтобы продемонстрировать, насколько их концентрации в отдельных городах кажутся выше или ниже уровней в сравниваемых с ними городах. Этот анализ основан на модели множественной регрессии, в рамках которой уровни концентрации $PM_{2.5}$ моделируются как функция трех основных факторов: уровня социально-экономического развития (ВВП на душу населения), размера города (численности населения больших городских массивов) и числа городов, расположенных в радиусе 500 км от индексного города. Взаимосвязь с каждым параметром определялась посредством аппроксимирования естественных кубических сплайнов соответствующей переменной в функции *mkspline* с тремя внутренними узлами. Все анализы были проделаны в программе Stata v14 (StataCorp LP, College Station, TX, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Распределение городов Европейского региона ВОЗ в соответствии с численностью их населения и уровнем социально-экономического развития (ВВП на душу населения) показано на рисунке 2. По сравнению с глобальным распределением среди европейских городов отсутствуют самые большие города (мегаполисы), но по всем другим параметрам они схожи с городами из глобальной выборки (см. рис. 2.А). Лондон, Москва, Санкт-Петербург и Стамбул насчитывают 5 млн жителей или более, исключая пригороды. В выборку входят 10 городов с населением менее 50 тыс. человек.

Города Европейского региона ВОЗ, вошедшие в выборку проекта SHUE, отличаются более высоким уровнем дохода на душу населения, чем города в глобальной подборке, но в их число также входят города с очень низким средним уровнем доходов (см. рис. 2.Б).

РИСУНОК 2. ГИСТОГРАММЫ [А] ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И [Б] УРОВНЯ ВВП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ ДЛЯ ВСЕХ ГОРОДОВ SHUE И ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА ВОЗ (ЗЕЛЕНЕЕ НАЛОЖЕНИЕ)

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

На рис. 3 показаны среднемесячные значения среднесуточных температур по сценарию RCP8.5 на 2050 г. за самый жаркий месяц года, полученные на основе ансамбля средних значений 18 ГКМ CMIP5.

В глобальном отношении в городах Европейского региона, отобранных для проекта SHUE, ожидается самый высокий рост температур в самый жаркий месяц года, при этом к середине текущего столетия рост прогнозируемых средних значений в большинстве городов будет превышать 2 °С. К 2100 г. в таких городах, как Арад, Брессаноне, Бухарест, Верчелли, Загреб, Катериини, Лион, Мезотур, Монпелье, Симферополь, София, Суботика, рост среднесуточной температуры в самый жаркий месяц будет превышать 7 °С (эти данные не показаны). Хотя сценарий RCP8.5 является самым пессимистичным прогнозом, результаты указывают на значительный сдвиг распределения температур к 2100 г., который, если не принять эффективные меры адаптации, вероятнее всего, приведет к частому воздействию температур, существенно превышающих верхние пределы текущего распределения, значительно увеличивая бремя болезней и уровень смертности и ограничивая физическую активность людей (24).

Эти значительные увеличения температур отмечаются в городах среднего диапазона текущего глобального распределения температуры, а не в го-

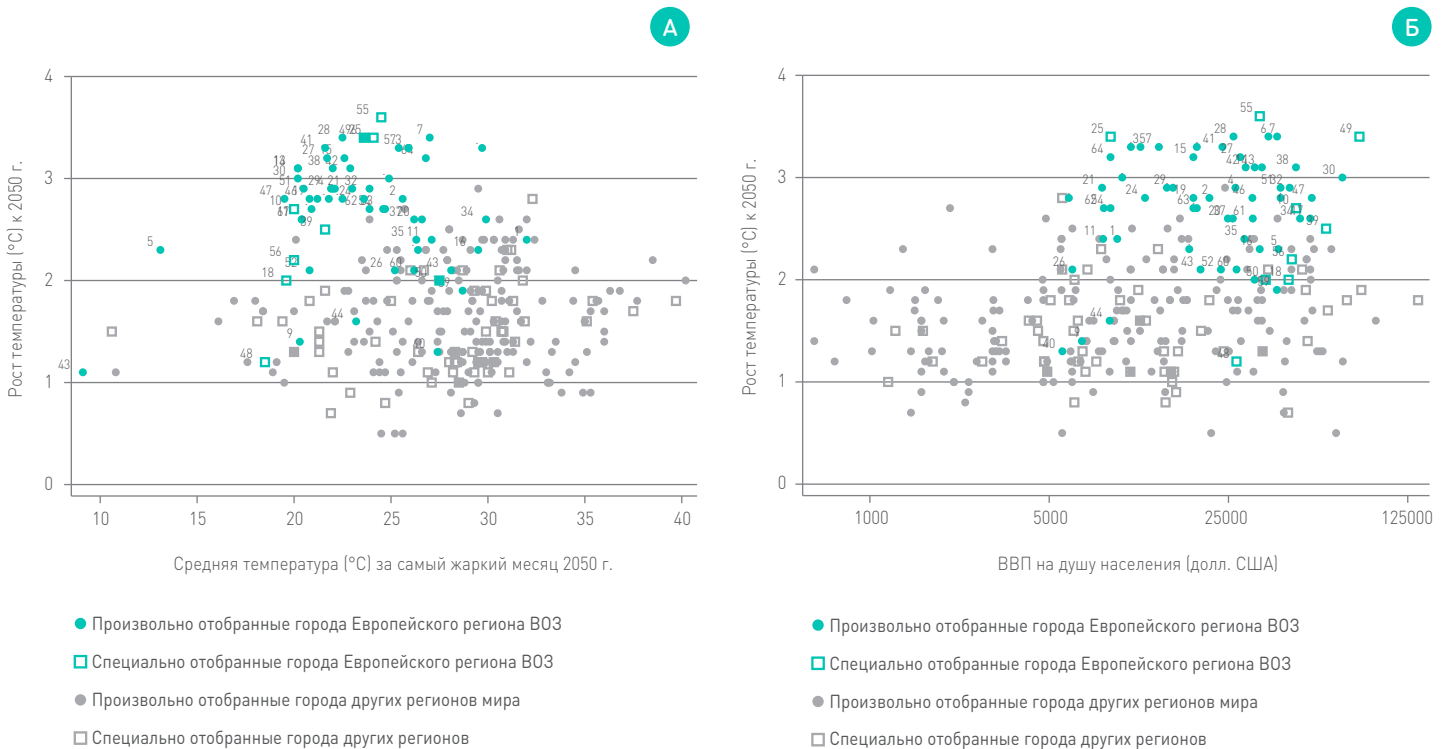
родах с самыми высокими температурами в мире и в основном в регионах с вероятными ощутимыми суточными колебаниями температуры, благодаря которым ночью можно будет получить частичное облегчение от воздействия дневных максимальных температур. Большинство городов с самым высоким прогнозируемым ростом температуры относятся к городам со средним и высоким уровнем доходов (см. рис. 3.Б).

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА

Только в пяти из 64 городов Европейского региона, вошедших в проект SHUE, зарегистрированы среднегодовые уровни концентрации $PM_{2,5}$, ниже рекомендуемых ВОЗ (25) 10 $мкг/м^3$ (рис. 4 [А]): в Стокгольме (5,51 $мкг/м^3$), Оулу (7,65 $мкг/м^3$), Хельсинки (8,96 $мкг/м^3$), Брессаноне (9,23 $мкг/м^3$) и Мадриде (9,95 $мкг/м^3$). Самые высокие среднегодовые уровни концентрации $PM_{2,5}$ были зарегистрированы в Копенгагене (39,34 $мкг/м^3$), Денизли (44,79 $мкг/м^3$) и Анкаре (46,93 $мкг/м^3$), но эти показатели значительно ниже самых высоких уровней концентрации в городах за пределами Европейского региона.

Как показано на рисунке 4.А, уровни концентрации $PM_{2,5}$ в городах взаимосвязаны с уровнем дохода на душу населения, при этом прослеживается тенденция регистрации более низких уровней в более богатых городах. Также прослеживается взаимосвязь между числом городов, расположенных в радиусе

РИСУНОК 3. РОСТ СРЕДНЕСУТОЧНЫХ ТЕМПЕРАТУР ЗА САМЫЙ ЖАРКИЙ МЕСЯЦ В 2050 Г.: РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ЗНАЧЕНИЙ 18 ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СМIP5. В СЛУЧАЕ РЕАЛИЗАЦИИ СЦЕНАРИЯ RCP8.5. [А] РОСТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО СРАВНЕНИЮ СО СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ЗА САМЫЙ ЖАРКИЙ МЕСЯЦ 2050 Г. И [Б] ПО СРАВНЕНИЮ С УРОВНЕМ ВВП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ (ДОЛЛ. США)



Коды городов: 1 Адана; 2 Анкара; 3 Арад; 4 Берлин; 5 Брессаноне; 6 Брюнуа; 7 Бухарест; 8 Кава-Де-Тиррени; 9 Чита; 10 Копенгаген; 11 Денизли; 12 Дюссельдорф; 12 Фарнборо; 14 Глостер; 15 Гомель; 16 Хадера; 17 Гамбург; 18 Хельсинки; 19 Гродно; 20 Стамбул; 21 Ижевск; 22 Карабюк; 23 Катерини; 25 Киев; 26 Конья; 27 Ле-Гран-Кевийи; 28 Ле-Ман; 29 Ленчна; 30 Лондон; 31 Лепель; 32 Лион; 33 Лодзь; 34 Мадрид; 35 Марсель; 36 Мезотур; 37 Монпелье; 38 Москва; 39 Мюнхен; 40 Наманган; 41 Намюр; 42 Нант; 43 Неаполь; 44 Нуук; 45 Омск; 46 Остенде; 47 Осло; 48 Оулу; 49 Париж; 50 Рим; 51 Роттердам; 52 Санкт-Петербург; 53 Сан-Висенс-Дельс-Орс; 54 Симферополь; 55 София; 56 Стокгольм; 57 Суботика; 58 Тольятти; 59 Валенсия; 60 Верчелли; 61 Ворст; 62 Ереван; 63 Загреб; 64 Запорожье

500 км от индексного города в Европейском регионе (см. рис. 4.Б), и размером городов, выраженным численностью населения больших городских массивов (см. рис. 4.В). Неудивительно, что уровни концентрации $PM_{2.5}$ кажутся тесно и прямолинейно связанными с размером городов, и опять же эта взаимосвязь наиболее четко прослеживается среди городов с высоким уровнем доходов (см. рис. 4.Б).

Взаимосвязь с числом городов в радиусе 500 км слабее и в некоторой степени различается среди городов со средним уровнем доходов, превышающим 40 тыс. долл. США на душу населения, по сравнению с городами с более низким уровнем дохода на душу населения. В городах с высоким уровнем доходов прослеживается небольшой рост уровня концентрации $PM_{2.5}$ при увеличении числа городов в радиусе

500 км (см. рис. 4.Б), в то время как городам с более низким уровнем доходов присуще обратное.

Учитывая ограниченное число городов и неуверенность в последовательности определения данных, результаты регрессии $PM_{2.5}$ в зависимости от характеристик городов следует интерпретировать с осторожностью и рассматривать как указывающие только на общие модели связи. Однако в моделях с взаимной поправкой на уровень дохода на душу населения численность-размер населения города (мегаполиса) и число городов в радиусе 500 км служили четкими доказательствами того, что уровни загрязнения воздуха зависят как от уровня дохода, так и от размера города, но не от числа городов, расположенных в радиусе 500 км. Используя для простоты линейные члены для каждой переменной (в моделях с другими переменными, аппроксимированными с использо-

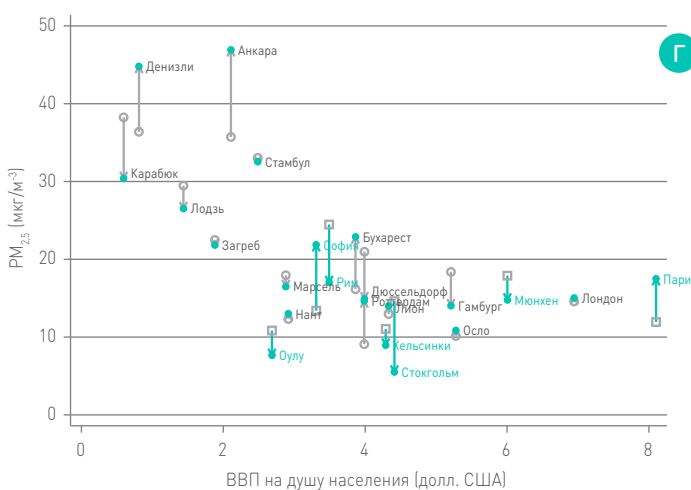
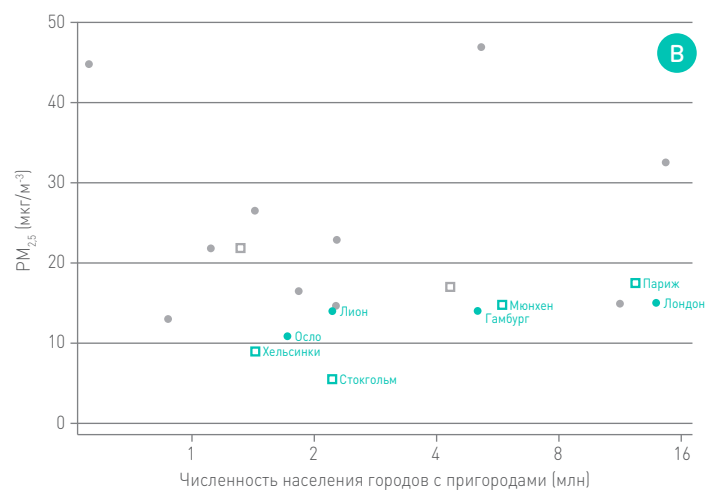
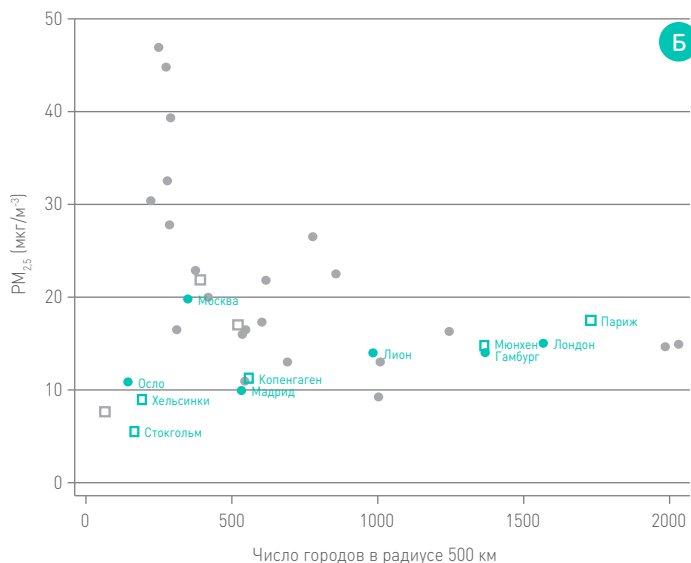
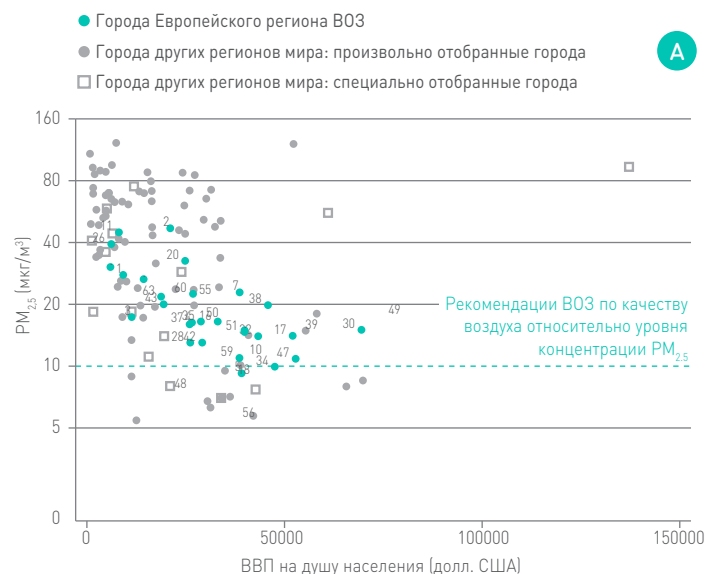
РИСУНОК 4. (А), (Б), (В) И (Г):

[А] СРЕДНЕГОДОВОЙ ГОРОДСКОЙ УРОВЕНЬ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕЛКИХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ (PM_{2,5}) ПО СРАВНЕНИЮ С УРОВНЕМ ВВП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ. КОДЫ ГОРОДОВ ТАКИЕ ЖЕ, КАК НА РИС. 3;

С [Б] ПО [Г] ДАННЫЕ ДЛЯ ГОРОДОВ ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА ВОЗ С ИМЕЮЩИМИСЯ В НАЛИЧИИ ДАННЫМИ:

- СРЕДНЕГОДОВОЙ УРОВЕНЬ PM_{2,5} ПО СРАВНЕНИЮ С
- [Б] ЧИСЛОМ ГОРОДОВ В РАДИУСЕ 500 КМ ОТ ИНДЕКСНОГО ГОРОДА И
- [В] ПО СРАВНЕНИЮ С ЧИСЛЕННОСТЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ С ПРИГОРОДАМИ

[Г] НАБЛЮДАЕМЫЕ (ЗАПОЛНЕННЫЕ КРУЖКИ) И ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ (НЕЗАПОЛНЕННЫЕ КРУЖКИ) УРОВНИ КОНЦЕНТРАЦИИ PM_{2,5}, ПРИ ЭТОМ ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ УРОВНИ КОНЦЕНТРАЦИИ ОСНОВАНЫ НА РЕГРЕССИИ PM_{2,5} В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ ВВП НА ДУШУ НАСЕЛЕНИЯ, ЧИСЛА ГОРОДОВ В РАДИУСЕ 500 КМ И ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДОВ С ПРИГОРОДАМИ. СТРЕЛКИ УКАЗЫВАЮТ В НАПРАВЛЕНИИ ОТ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ К НАБЛЮДАЕМЫМ УРОВНЯМ КОНЦЕНТРАЦИИ PM_{2,5}.



ванием естественных кубических сплайнов) скорректированные изменения уровня концентрации $PM_{2,5}$ ($\mu\text{кг}/\text{м}^3$) были: -5,10 (95% ДИ: -7,89; -2,31) на каждые 10 000 долл. США прироста ВВП на душу населения, 1,20 (0,23; 2,16) на каждый миллион прироста в численности населения и -0,36 (-0,98; 0,26) на каждые дополнительные 100 городов в радиусе 500 км.

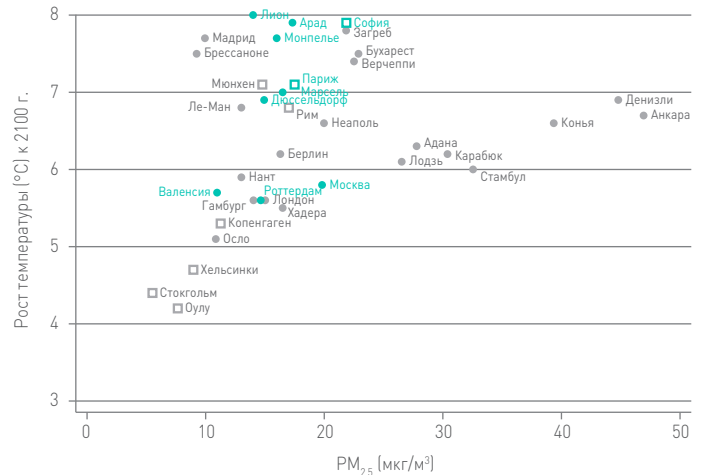
На рисунке 4.Г показана значимость этих трех детерминант для качества воздуха. Для каждого города уровень концентрации загрязнителей воздуха, прогнозируемый в модели регрессии, в которой учитывается каждая переменная, аппроксимированная с использованием естественных кубических сплайнов, соединен с наблюдаемым уровнем при помощи вертикальных стрелок. Города, в которых наблюдаемый уровень превышает прогноз, обозначены стрелками, направленными вверх, а города, где наблюдаемый уровень ниже прогнозируемого, — стрелками вниз. Например, в Лондоне отмечается уровень загрязнения воздуха в основном ожидаемый для города с таким уровнем доходов, размером и числом других городов, расположенных в радиусе 500 км от него, в то время как показатели Стокгольма гораздо лучше ожидаемых. Такие различия между наблюдаемыми и прогнозируемыми уровнями загрязнения воздуха могут отражать относительную важность местных источников загрязнения. Однако такие сравнения следует интерпретировать с осторожностью, т.к. они зависят от многих факторов, в том числе от точности введения переменных, особенно оценочных показателей о доходах на душу населения.

МНОГОЧИСЛЕННЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА

Взаимосвязь между загрязнением воздуха, изменением климата и риском наводнений показана на рисунке 5. В городах с высокими уровнями загрязнения воздуха, включая города Турции и Лодзь, к 2100 г. также отмечается потенциально высокое (хотя и не предельное) повышение среднесуточных температур в самый жаркий месяц. В число городов с возможным ростом температуры выше 7 °С входят несколько городов с уровнями концентрации $PM_{2,5}$ выше 15 $\mu\text{кг}/\text{м}^3$, в том числе Арад, Бухарест, Верчелли, Загреб и София.

Некоторые города с существенным потенциальным повышением температуры также относятся к числу городов, где исторически имеется риск наводнений

РИСУНОК 5. МНОГОЧИСЛЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УГРОЗЫ В ГОРОДАХ ЕВРОПЕЙСКОГО РЕГИОНА ВОЗ: РОСТ СРЕДНЕСУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗА САМЫЙ ЖАРКИЙ МЕСЯЦ К 2100 г. ПО СРАВНЕНИЮ С ТЕКУЩИМИ УРОВНЯМИ КОНЦЕНТРАЦИИ $PM_{2,5}$



Дополнительный риск наводнений выделен голубым маркером. Точки: произвольно отобранные города; незаполненные квадраты: специально отобранные города.

(отмечены оранжевым маркером), в том числе такие города, как Арад и София, в которых также отмечаются сравнительно высокие уровни загрязнения воздуха. В высокоширотных городах Скандинавии и других районов просматриваются относительно низкие риски по всем показателям, как видно из левого нижнего квадранта рисунка 5.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проект SHUE – это исследование «обоснованности концепции», направленное на разработку ресурса для проведения анализа репрезентативного набора городов в поддержку выработки политики в области благоприятного для здоровья и устойчивого городского развития. Оно опирается на существующие источники информации и направлено на их объединение и анализ таким образом, чтобы способствовать изучению принципиальных вопросов, связанных со стратегиями городского развития. Представленные здесь результаты анализа информации, полученной из базы данных, следует интерпретировать как «управляемый данными» процесс образования гипотезы, а не ее проверки: данные, на которых основаны результаты анализа, как правило, недостаточно подробны или документально

подтверждены, используя стандартные определения, чтобы точно интерпретировать причинно-следственные связи. Также их не следует использовать для оценки показателей отдельных городов. Тем не менее посредством изучения широких моделей связи между многочисленными городами разных размеров и с разными уровнями доходов можно получить представление о задействованных механизмах, а также о проблемах и возможностях для содействия улучшению городской среды и укреплению здоровья людей.

Доклады о результатах более подробных анализов будут сделаны при выполнении последующей работы по мере развития базы данных. Однако даже на основании представленных здесь результатов относительно ограниченных анализов можно сделать вывод, что Европейскому региону ВОЗ, наиболее вероятно, придется столкнуться с существенной угрозой, связанной с неуправляемыми изменениями климата, при этом будут наблюдаться самые высокие показатели потенциального роста температур в любом городе, включенном в базу данных, при условии развития ситуации по сценарию RCP8.5. Уровни роста температуры в самый жаркий месяц при реализации сценария были бы очень опасными, что подчеркивает необходимость принятия адаптационных мер реагирования и ускорения шагов, направленных на радикальное сокращение выбросов парниковых газов. Анализы взаимосвязи между уровнями температуры и смертности, опубликованные в других источниках (26), дают основание предполагать, что городское население не полностью адаптировалось к текущему воздействию распределения температуры, поэтому значительные ее повышения потенциально могут оказывать весьма сильное влияние на здоровье людей, если не будут приниматься меры по адаптации. Большинство городов с самыми высокими предполагаемыми показателями роста температуры относятся к городам со средним и высоким уровнем доходов (см. рис. 3.Б), что может играть важную роль для их способности адаптироваться в случае провала усилий по смягчению последствий, направленных на ограничение роста температуры в течение этого столетия. Тем не менее масштабы потенциальной угрозы указывают на срочную необходимость принятия мер по смягчению последствий. Хотя сценарий RCP8.5 может считаться маловероятным после реализации Парижского соглашения, по-прежнему

существуют сомнения относительно степени его выполнения, поэтому для наглядности мы приводим здесь предполагаемые показатели.

Смягчение последствий изменения климата, вероятно, также поможет сократить уровни концентрации вредных частиц в атмосфере, которые остаются выше желаемого уровня почти во всех городах Европейского региона, охваченных проектом SHUE, за исключением нескольких. Дальнейшее сокращение уровней концентрации $PM_{2.5}$, которое, вероятно, последовало бы за переходом к низкоуглеродистой экономике, принесло бы пользу всем городам и даже тем, в которых отмечаются самые низкие концентрации $PM_{2.5}$ (27). К важным решающим факторам относятся уровень социально-экономического развития, объясняющий некоторые разбежки в уровнях концентрации загрязнителей в окружающей среде по всему региону, а также размер городов. В то время как в городах с высоким уровнем доходов, которые, как правило, обладают лучшими средствами контроля над выбросами, фоновые уровни в окружающей среде в какой-то степени соответствовали числу городов в радиусе 500 км, такой взаимосвязи не наблюдалось после того, как делались поправки с учетом уровня доходов и численности населения. Такое соотношение можно предположить в связи с переносом масс загрязненного воздуха на дальние расстояния, но отсутствие здесь четкой связи может частично отражать простоту маркеров и влияние других сопутствующих факторов.

Совпадение некоторых угроз, в частности таких, как изменение климата, загрязнение воздуха и в некоторых случаях риск наводнений, представляет особые вызовы для городов. Однако сопутствующие выгоды принятия мер означают, что существуют дополнительные преимущества для здоровья людей, при условии обеспечения надлежащей согласованности соответствующих стратегий.

Основные ограничения при попытках собрать и проанализировать данные на уровне городов связаны с качеством самих данных из-за сомнения в их полноте, а также с сопоставимостью городов. Также существуют ограничения, касающиеся наличия данных. Некоторые исходные параметры могут быть получены только из обследований населения, которые не всегда имеются в наличии. В общем, существует достаточно данных о более крупных развитых городах, которые зачастую собираются

городской администрацией, в то время как данных о малых городах в менее богатых странах значительно меньше. Поэтому особую пользу приносят попытки собрать необходимую информацию из пакетов данных глобального мониторинга и моделирования. Мы также отмечаем, что пакет данных GeoNames, из которого были отобраны города, охватывает все города мира, но районы Западной Европы могут быть представлены здесь шире, чем районы Евразии (12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на эти ограничения, мы надеемся, что благодаря использованию базы данных как общего ресурса со временем доступность таких данных повысится, а их качество – улучшится. Существуют многочисленные базы данных, посвященные особенностям городов, но уникальный вклад проекта SHUE заключается в сборе данных и методов анализа, касающихся как вопросов здоровья людей, так и устойчивого развития. Реализация потенциала базы данных в научном сообществе и в кругах, вовлеченных в разработку политики, будет повышаться по мере расширения ее использования. Текущим приоритетом является работа с потенциальными пользователями для изучения степени, в которой сравнение городов и моделирование могут наилучшим образом содействовать выработке политики в стремлении достигнуть целей в области укрепления здоровья людей и обеспечения устойчивости.

База данных SHUE все еще находится на стадии разработки. Будущие исследования планируется посвятить улучшению качества основополагающих данных и применяемых к ним аналитических подходов. Для содействия максимальному повышению практической ценности базы данных мы будем не только обращаться за комментариями к разным группам пользователей, но и вести диалог с заинтересованными научными работниками и лицами, вырабатывающими политику, по вопросам развития и использования базы данных.

Выражение признательности: мы выражаем благодарность Corinne Le Quééré (Тиндалл-центр по исследованиям изменения климата, Университет Восточной Англии) и Clare Goodess (Научно-исследовательский отдел по вопросам климата,

Университет Восточной Англии) за помощь в предоставлении данных о климате, обработанных на основе выходных данных CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) – проекта Рабочей группы по моделированию объединенных систем Всемирной программы исследований климата. Мы также хотели бы поблагодарить Annette Prüss-Üstün из штаб-квартиры ВОЗ в Женеве за предоставление данных о загрязнении воздуха.

Источники финансирования: данное исследование является частью проекта «Устойчивая и благоприятная для здоровья городская среда» (SHUE), осуществляемого при поддержке программы «Наша планета, наше здоровье» научного фонда Wellcome Trust (номер гранта 103908). Финансирующая сторона не принимала никакого участия в составлении плана исследования или в сборе, анализе и интерпретации данных. Автор, отвечающий за переписку, имел полный доступ ко всем данным и нес ответственность за принятие решения относительно представления к публикации.

Конфликт интересов: не заявлен.

Ограничение ответственности: авторы несут самостоятельную ответственность за мнения, выраженные в данной публикации, которые необязательно представляют решения или политику Всемирной организации здравоохранения.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. United Nations. 2014 Revision of World Urbanization Prospects. New York, NY, USA: UN Population Division, Department of Economic and Social Affairs; 2014 (<https://esa.un.org/unpd/wup/>, по состоянию на декабрь 2016 г.).
2. Rydin Y, Bleahu A, Davies M, Davila JD, Friel S, De Grandis G, et al. Shaping cities for health. *Lancet*. 2012;379(9831):2079-108.
3. Kleinert S, Horton R. Urban design: an important future force for health and wellbeing. *Lancet*. 2016;388(10062):2848-50.
4. Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon AG, de Souza Dias BF, et al. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *Lancet*. 2015;386(10007):1973-2028.

5. World Health Organization. Urban health. Geneva, Switzerland: WHO; 2010 (<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/urban-health/urban-health>, по состоянию на декабрь 2016 г.).
6. Milner J, Davies M, Wilkinson P. Urban energy, carbon management (low carbon cities) and co-benefits for human health. *Curr Opin Environ Sustain*. 2012;4(4):398-404.
7. de Nazelle A, Nieuwenhuijsen MJ, Anto JM, Brauer M, Briggs D, Braun-Fahrlander C, et al. Improving health through through policies that promote active travel: a review of evidence to support integrated health impact assessment. *Environ Int*. 2011;37(4):766-77.
8. Haines A, McMichael AJ, Smith KR, Roberts I, Woodcock J, Markandya A, et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: overview and implications for policy makers. *Lancet*. 2009;374(9707):2104-14.
9. Организация Объединенных Наций. Цели в области устойчивого развития. Нью-Йорк: Организация Объединенных Наций; 2016 г. (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/>, по состоянию на 10 мая 2017 г.).
10. Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата. Парижское соглашение. Нью-Йорк, США: РКИК ООН; 2016 г. (https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf), по состоянию на 10 мая 2017 г.).
11. United Nations. The New Urban Agenda. UN Habitat III; 2016 (<https://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>, по состоянию на ноябрь 2016 г.).
12. GeoNames. The GeoNames Geographical Database. 2015 (<http://www.geonames.org/>, по состоянию на март 2017 г.).
13. World Bank. GNI Per Capita. 2015 (<http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD>, по состоянию на март 2017 г.).
14. Bailey RG. Ecoregions: The Ecosystem Geography of the Oceans and Continents. New York, NY, USA: Springer-Verlag; 1998.
15. van Vuuren DP, Edmonds J, Kainuma M, Riahi K, Thomson A, Hibbard K, et al. The representative concentration pathways: an overview. *Clim Change*. 2011;109(1):5.
16. Meinshausen M, Smith SJ, Calvin K, Daniel JS, Kainuma MLT, Lamarque J-F, et al. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Clim Change*. 2011;109(1):213.
17. International Institute for Applied Systems Research. RCP Database (version 2.0). Vienna, Austria: IIASA; 2009 (<http://tntcat.iiasa.ac.at:8787/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>, по состоянию на сентябрь 2016 г.).
18. Riahi K, Gruebler A, Nakicenovic N. Scenarios of long-term socioeconomic and environmental development under climate stabilization. *Technol Forecast Soc Change*. 2007;74(7):887-935.
19. Taylor K, Stouffer R, Meehl G. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull Amer Meteor Soc*. 2012;93:485-98.
20. World Health Organization. WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016). Geneva, Switzerland: WHO; 2016 (http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/, по состоянию на ноябрь 2016 г.).
21. United Nations Environment Programme/United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Global Risk Data Platform. Geneva, Switzerland: UNEP/UNISDR; 2013 (<http://preview.grid.unep.ch>, по состоянию на март 2017 г.).
22. Hijmans R, Garcia N, Weiszorek J. GADM: Database of Global Administrative Areas. 2010 (<http://gadm.org/>, по состоянию на март 2017 г.).
23. The American Association for the Advancement of Science. OpenStreetMap (<http://openstreetmap.org>, по состоянию на декабрь 2016 г.).
24. Kjellstrom T, Briggs D, Freyberg C, Lemke B, Otto M, Hyatt O. Heat, human performance, and occupational health: a key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annu Rev Public Health*. 2016;37:97-112.
25. World Health Organization. WHO air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva, Switzerland: WHO; 2006.
26. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*. 2015;386(9991):369-75.
27. International Energy Agency. World Energy Outlook 2016. Paris, France: IEA; 2016.