

УДК 504.064.36:504.064.37

Р.А. Родригес Залепинос, канд. техн. наук, доцент
(ГВУЗ «ДонНТУ»)

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА ЕВРОПЫ И УКРАИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Р.А. Родрігес Заліпиніс, канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «ДонНТУ»)

**ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
ЄВРОПИ ТА УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ
ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**

R.A. Rodrigues Zalipynis, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(Donetsk National Technical University)

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN EUROPE AND
UKRAINE USING EARTH REMOTE SENSING DATA**

Аннотация. Впервые установлены пространственно-временные особенности загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы (SO₂), диоксидом азота (NO₂), диоксидом углерода (CO₂), оксидом углерода (CO) и аэрозолем над Украиной и Европой. Показано, что риски умеренного загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы восточной и западной частей Украины относятся как 2:1. Показано, что умеренные и высокие риски наиболее загрязненных аэрозолем областей Европы (за исключением севера Италии) и Украины (город Киев, Донецкая и Одесская области) относятся примерно как 1:1. Уровни умеренных рисков для г. Киев, Донецкой и Одесской областей относятся к умеренным уровням рисков других областей Украины как 1,8:1. Максимальные риски умеренного загрязнения диоксидом азота атмосферы Европы и Украины относятся как 3:1. При анализе динамики изменения концентрации диоксида углерода для атмосферы всей Земли за последние 8 лет (2004–2011 гг.) обнаружен прирост на более чем 20 ppm. Показано, что атмосфера Украины подвержена такому же уровню загрязнения оксидом углерода, как и атмосфера стран Европы.

Ключевые слова: диоксид серы, диоксид азота, диоксид углерода, оксид углерода, аэрозоль

На сегодняшний день, имеющаяся информация о загрязнении окружающей природной среды Украины основывается на наблюдениях малочисленной сети стационарных постов контроля атмосферного воздуха, расположенных в крупных городах страны (162 поста Украинского гидрометеоцентра в 53 городах). По этим данным получить целостную и достоверную картину загрязнения атмосферы над территорией всего государства невозможно. Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют получать экологическую информацию с высоким разрешением, достоверностью, покрытием и частотой.

В связи с этим, работы, выполняющие достоверную оценку состояния загрязнения атмосферного воздуха Украины по сравнению со странами Европы довольно редки. Большие объемы и сложные форматы данных ДЗЗ дополнительно затрудняют их применение для целей оценки.

Современные IT решения, например, Climate Wikience [1, 2], позволяют одному специалисту выполнить большой объем работ с использованием данных ДЗЗ.

Постановка задачи. Для достижения цели исследований выполнены оценки рисков загрязнения атмосферного воздуха для регионов Европы и Украины по методу [3], который отличается учетом фактически наблюдаемых пространственно-временных полей загрязнения воздуха с разрешением до $27,5 \text{ км} \times 18 \text{ км}$, что позволило сравнить регионы Европы и Украины по степеням техногенно-экологических рисков и построить карты уровней рисков.

Изложение материала и результатов. Были использованы ежедневные данные различных продуктов ДЗЗ и повторного анализа (ПА) за последние 7–12 лет (табл. 1). Данные за один день представляют собой глобальную регулярную широтно-долготную решетку (РШДР). Указано приблизительное пространственное разрешение для широт Украины.

Таблица 1 – Перечень использованных экологических и метеорологических показателей

Показатель	Погрешность и единицы изм.		Радиометр либо ПА	Разрешение	Временной интервал
Диоксид серы (SO_2)	5	ед	OMI	$0,25^\circ \times 0,25^\circ$ $27,5 \times 18 \text{ км}$	01.10.2004 20.06.2012
Диоксид азота (NO_2)	–				
Озон (O_3)	6				
Оптическая толщина аэрозоля, ОТА (для $0,55 \text{ мкм}$)	15%	–	MODIS	$1,0^\circ \times 1,0^\circ$ $110 \times 72 \text{ км}$	02.03.2000 04.10.2012
Озон (O_3)	–	ед			
Оксид углерода (CO)	10%	ед	MOPITT	$1,0^\circ \times 1,0^\circ$ $110 \times 72 \text{ км}$	03.03.2000 31.10.2012
Диоксид углерода (CO_2)	2	ppm	AIRS	$2,0^\circ \times 2,5^\circ$ $220 \times 144 \text{ км}$	01.01.2004 29.02.2012
Скорость и направление ветра	–	м/с	MERRA	$1/2^\circ \times 2/3^\circ$ $55 \times 48 \text{ км}$	01.01.2000 31.12.2012

Величина ОТА безразмерна. Погрешность установлена экспериментально и указывает максимальное отклонение показателя от значений, наблюдаемых с помощью измерительных приборов, установленных на наземных постах, вертикальных зондах атмосферы, самолетах и т.п. Прочерк – эксперименты не завершены.

Для данных радиометра MODIS для каждой ячейки $1,0^\circ \times 1,0^\circ$ использовано максимальное значение ОТА и максимальная концентрация озона для регионов с разрешением $10 \times 10 \text{ км}$ и $5 \times 5 \text{ км}$ соответственно, попавших в данную ячейку.

Впервые для каждого показателя получены временные ряды для каждой ячейки РШДР для территории Украины (SO_2 , O_3), Европы (NO_2 , CO , ОТА) и всего Земного шара (CO_2). Их временное разрешение такое же высокое, как и у исходных показателей.

Для диоксида серы и диоксида азота использована концентрация в вертикальном атмосферном столбе приземного слоя атмосферы, а для остальных веществ по всей высоте атмосферы. Концентрации определяются в единицах Добсона (ед), $1 \text{ еД} = 2.69 \times 10^{16}$ молекул/см² и ppm (parts per million) для диоксида углерода.

Характеристики ветра взяты на высоте 50 м от поверхности Земли с интервалом 1 час. Ежедневные данные получены отбором и усреднением значений с 9.00 до 12.00 по местному Украинскому времени.

По данным экологических паспортов регионов Украины за 2010 г. отобраны все предприятия, ТЭС и ТЭЦ, выбрасывающие диоксид серы. По космическим снимкам Google найдены крупные организованные источники выбросов предприятий. Координаты дымовых труб взяты в качестве фактического расположения источников выбросов.

В качестве координаты ячейки РШДР далее в тексте используется широта и долгота ее юго-западного угла. Широта изменяется от -90 до $+90$, а долгота от -180 до $+180$.

Карта рисков высокого разрешения наглядно отражает характерную картину загрязнения атмосферного воздуха и позволяет ответить на ряд актуальных вопросов экологической безопасности. Например, насколько уровень загрязнения атмосферы выше на востоке Украины, чем на западе; какой регион страны имеет самые высокие риски загрязнения; какова степень загрязнения атмосферы Украины в сравнении с другими странами.

В данном исследовании под риском загрязнения атмосферы понимается вероятность случаев, когда наблюдается определенный уровень загрязнения воздуха веществом над изучаемой территорией.

Для каждой ячейки подсчитывается количество дней $S(a, b)$ с концентрацией загрязняющего вещества в диапазоне значений $a..b$ еД, а также количество дней T , для которых имеются данные наблюдений. Риск загрязнения для ячейки считается равным $R(a, b) = S(a, b) / T$.

Учитывая диапазон значений концентрации SO_2 , в данной работе низким уровнем загрязнения атмосферы этим веществом считается диапазон значений $0,5..1,5$ еД, умеренным $1,5..2,5$ еД (рис. 1), высоким $2,5..3,5$ еД, очень высоким $3,5..5,0$ еД. Шкала подобрана экспериментально, чтобы учесть как можно больше особенностей загрязнения SO_2 и обеспечить приемлемое количество интервалов при построении диаграммы относительных частот. Шкала начинается от $0,5$ еД, чтобы частично устранить погрешности измерений.

Разработка метода обоснована тем, что ежедневные карты часто имеют обширные области с отсутствующими данными из-за облачности во время зондирования территории радиометром, искажаясь вдобавок погрешностями в измерениях. Композитные карты (средняя концентрация вещества за период для территории) не учитывают данные из всего доступного интервала времени. Иногда выбрать репрезентативный период, в течении которого наблюдается характерная картина загрязнения воздуха для построения композитной карты не-

возможно. Например, для Украины число дней с умеренным уровнем загрязнения атмосферы SO_2 составляет менее 10% за 7,5 лет (рис. 1). В то же время, число случаев такого уровня загрязнения до 5 раз выше для восточной Украины, чем для ее западной части (рис. 1).

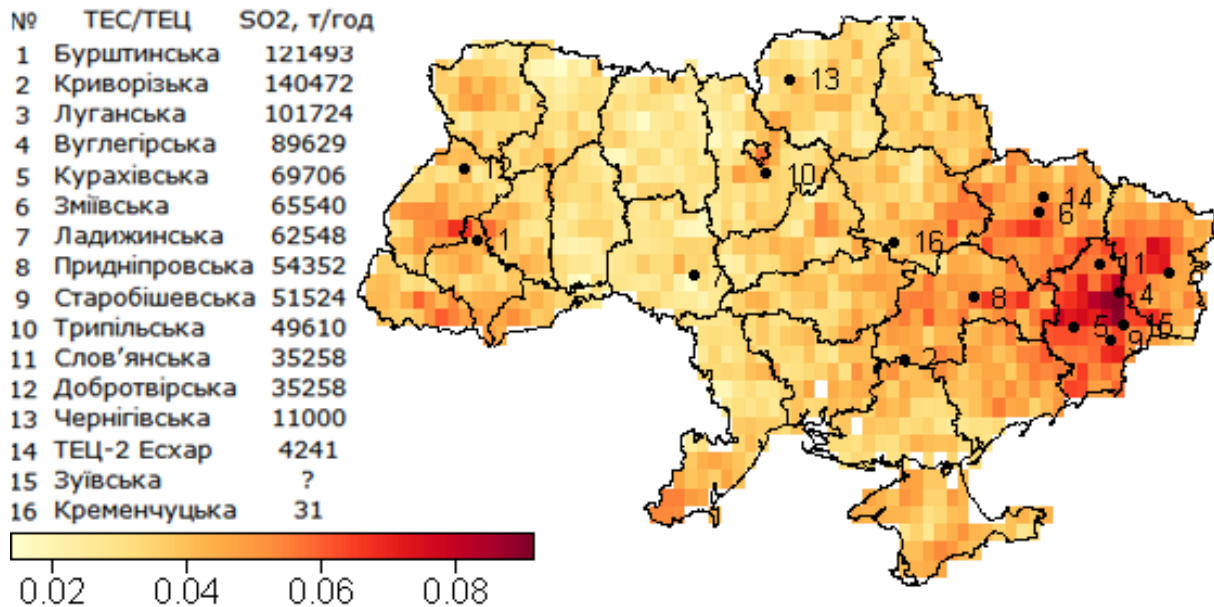


Рисунок 1 – Карта рисков умеренного уровня загрязнения атмосферы Украины диоксидом серы с разрешением $27,5 \text{ км} \times 18 \text{ км}$

Одним из преимуществ наличия временных рядов метеорологических параметров является возможность установить зависимости концентрации загрязняющего вещества в ячейке от скорости и направления ветра. Это позволяет оценить степень загрязнения атмосферы вблизи техногенных объектов, установить наиболее подверженные загрязнению территории, а также оценить дальность распространения вредного вещества.

В процессе исследований было установлено, что максимальный риск загрязнения диоксидом серы наблюдается практически всегда не в ячейке, которая соответствует крупному источнику выбросов, а на некотором расстоянии от нее.

Поскольку концентрация вещества определяется для всей ячейки, можно предположить, что чувствительность радиометра OMI не позволяет обнаружить узкую полосу дымового шлейфа вблизи источника. На некотором расстоянии от дымовой трубы за счет диффузии облако загрязнения становится достаточно широким и содержание вещества в атмосфере уже фиксируется радиометром. Если это так, то можно судить о дальности переноса диоксида серы от источника выброса и зоне его влияния.

На полярной диаграмме, на основе наблюдений за весь доступный период времени, для каждой скорости и направления ветра из узла ($48\frac{2}{3}^\circ$, 24°) решетки MERRA показана средняя концентрация диоксида серы в ячейке ($49,25^\circ$, $24,25^\circ$) для РШДР радиометра OMI, которая расположена на северо-западе от Бурштинской ТЭС (рис. 2а). Аналогичные данные представлены для узла решетки

MERRA (49° , 38°) и ячейки (49° , 38°), которая расположена на северо-востоке от Славянской ТЭС (рис. 2б).

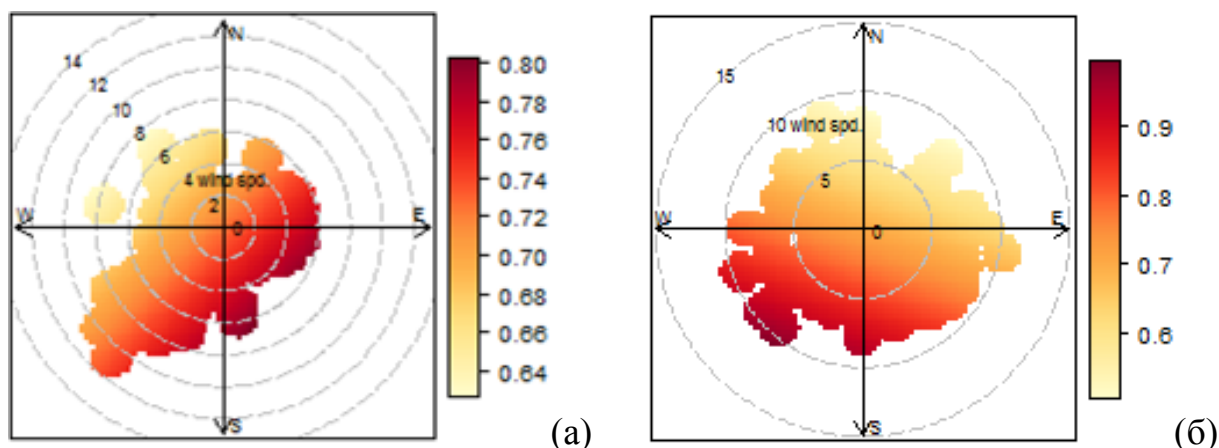


Рисунок 2 – Влияние Бурштынской (а) и Славянской ТЭС (б) на уровень загрязнения воздуха SO_2 в зависимости от скорости и направления ветра

Центру диаграммы соответствует нулевая скорость ветра, которая возрастает радиально. Как видно из рисунка 2а, максимальные концентрации SO_2 наблюдаются при юго-восточном ветре со скоростью 2–4 м/с, а минимальные при северо-западном ветре. На юго-востоке, на расстоянии 30 км от центра ячейки ($49,25^\circ$, $24,25^\circ$) находятся источники выбросов Бурштынской ТЭС. Для Луганской ТЭС расстояние, где наблюдается влияние станции, может достигать 45 км.

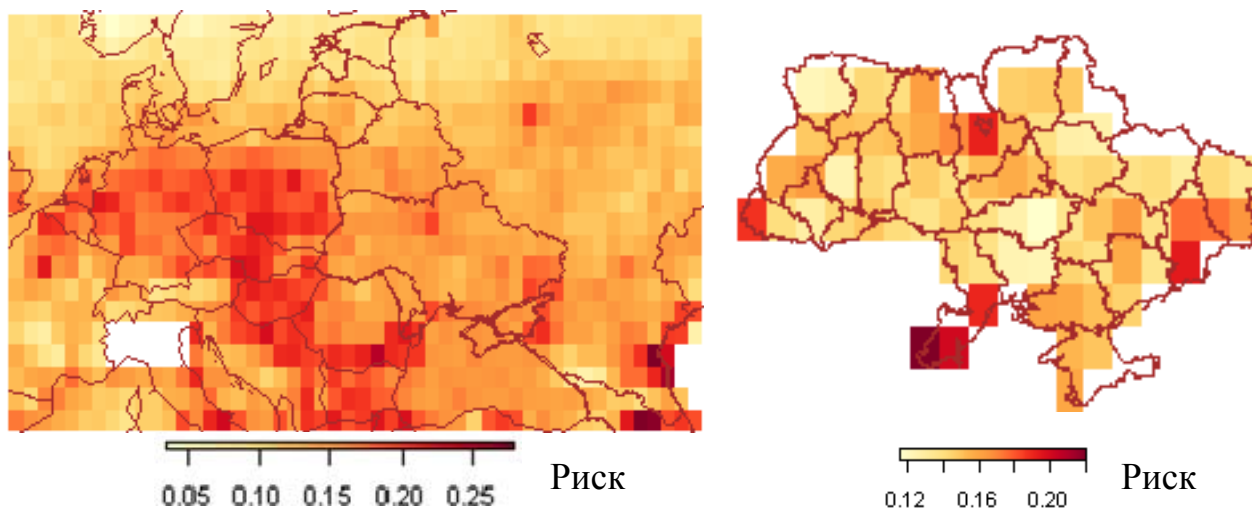


Рисунок 3 – Карта рисков умеренного загрязнения атмосферы аэрозолями территории Европы и Украины с разрешением $1,0^\circ \times 1,0^\circ$

Используя предложенный выше метод оценки рисков, выполнено построение карт рисков загрязнения атмосферного воздуха аэрозолями над территорией Европы.

Учитывая диапазон изменения значений ОТА, очень низким уровнем загрязнения аэрозолями считается диапазон значений 0,0..0,2, низким 0,2..0,4, уме-

ренным 0,4..0,6 (рис. 3), высоким 0,6..0,8, очень высоким 0,8..1,0, катастрофическим 1,0..5,0. Шкала рисков и шаг подобраны экспериментально. Также экспериментально установлено, что шаг 0,2 позволяет отобразить большинство особенностей распределения загрязнения.

Для расчета количества дней T , для которых имеются данные наблюдений ОТА, выбраны дни со значениями ОТА в диапазоне $-0,05..5$.

Из карты на рис. 3 исключена область на севере Италии между широтами 44° и 46° , долготами 7° и 13° по причине высоких значений рисков ($\approx 0,45$), что вызывает низкую детализацию остальной части Европы.

Для анализа атмосферы над городом необходимо иметь временной ряд загрязняющего вещества для как можно меньшей территории. Предельно малую возможную площадь для какого-либо продукта ДЗЗ либо ПА покрывает одна ячейка РШДР. Такой анализ можно провести благодаря предложенному в данной диссертации представлению данных ДЗЗ в виде множества временных рядов для каждой ячейки РШДР. Это демонстрирует еще одно преимущество предложенного представления данных ДЗЗ.

Временные ряды среднемесячной ОТА ярко выражают существенное снижение содержания аэрозоля над некоторыми городами Европы (рис. 4).

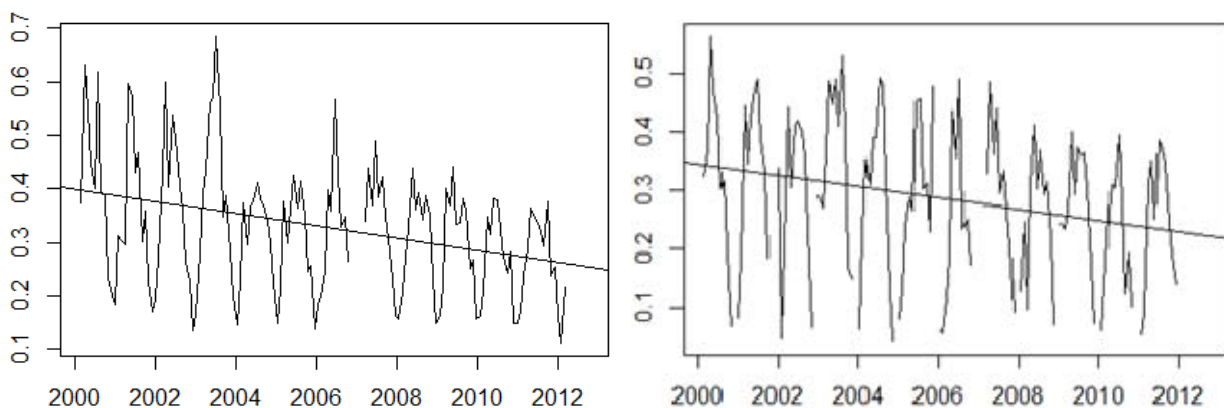


Рисунок 4 – Среднемесячная оптическая толщина аэрозоля над городами Рим (слева) и Лондон (справа) с линиями тренда

Для более уверенного суждения о динамике концентрации аэрозоля над городами Европы выполнена декомпозиция среднемесячных временных рядов ОТА с помощью метода STL. Из одного ряда можно выделить сезонный цикл, тренд и остаточные флуктуации в виде шума (рис. 5).

Поскольку пробелы в рядах (рис. 4) вызваны отсутствием данных для некоторых зимних месяцев по причине облачности, характерной для этого сезона, а метод STL требует непрерывного временного ряда, то для заполнения недостающих значений использовалась линейная аппроксимация.

Таким образом, за 12 лет над Римом содержание аэрозоля уменьшилось примерно на среднюю концентрацию, характерную для одного из зимних месяцев (0,2), с 0,45 до 0,25. Аналогичные исследования не обнаруживают снижения концентрации аэрозоля в атмосфере над городами Украины.

Следует отметить, что площадь ячейки $1,0^{\circ} \times 1,0^{\circ}$ обычно выше площади города и в ячейку может попадать часть близлежащей акватории, поэтому не всегда техногенные факторы доминируют в общей величине ОТА в ячейке.

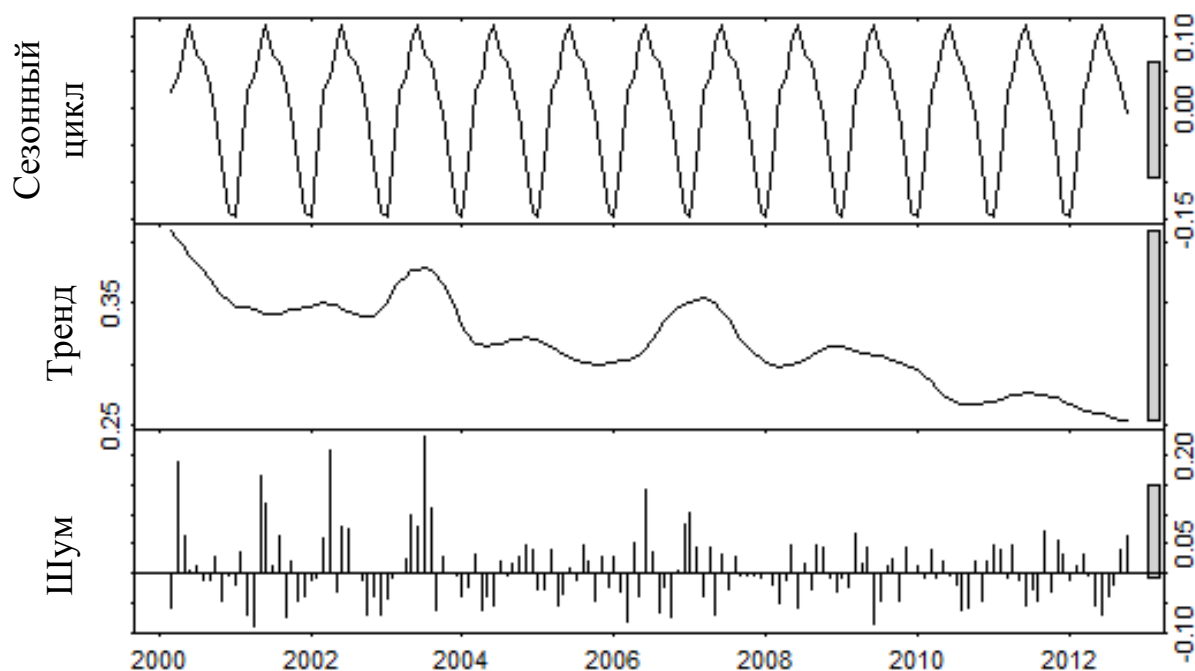
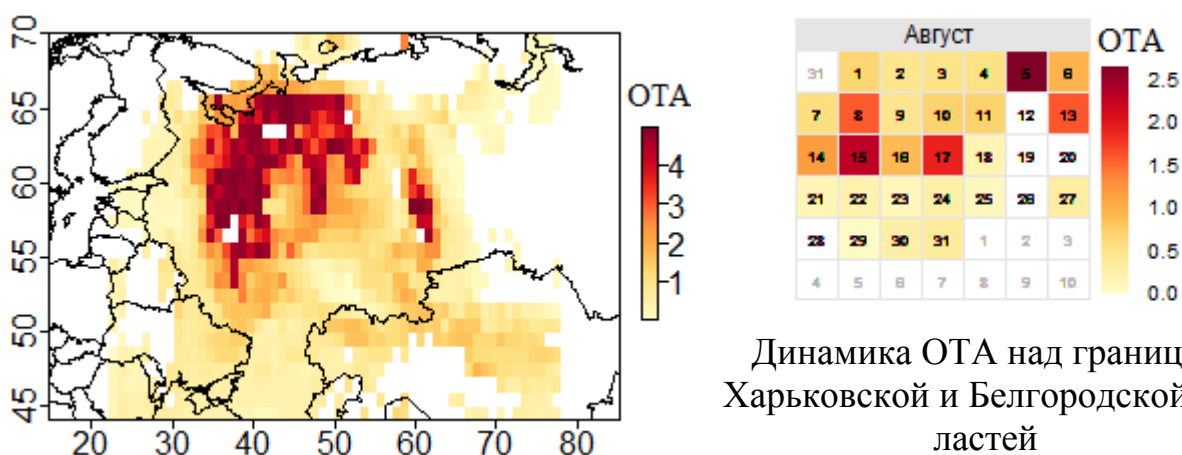


Рисунок 5 – Декомпозиция временного ряда среднемесячной оптической толщины аэрозоля над Римом, Италия

Также установлено, что над городами значение ОТА редко превышает 1,0. Например, для Москвы, одного из наиболее подверженных аэрозольному загрязнению городов, зафиксировано всего лишь более 30 случаев значения ОТА выше 1,0 за последние 12 лет. Частично это можно отнести к природным факторам, например, пожарам на окрестных территориях (рис. 8). Для большинства городов Европы такие случаи наблюдаются еще реже.



Динамика ОТА над границей Харьковской и Белгородской областей

Рисунок 6 – (а) Карта значений ОТА за 09.08.2010 г. (торфяные пожары в России); (б) Динамика ОТА для ячейки (50° , 37°), август 2010 г.

Проанализированы риски загрязнения атмосферного воздуха диоксидом азота и оксидом углерода над территорией Украины и Европы.

Низким уровнем загрязнения диоксидом азота считается диапазон значений 0,0..0,2 еД, умеренным 0,2..0,4 еД (рис. 7), высоким 0,4..0,6 еД, очень высоким 0,6..0,8 еД, катастрофическим – более 0,8 еД.

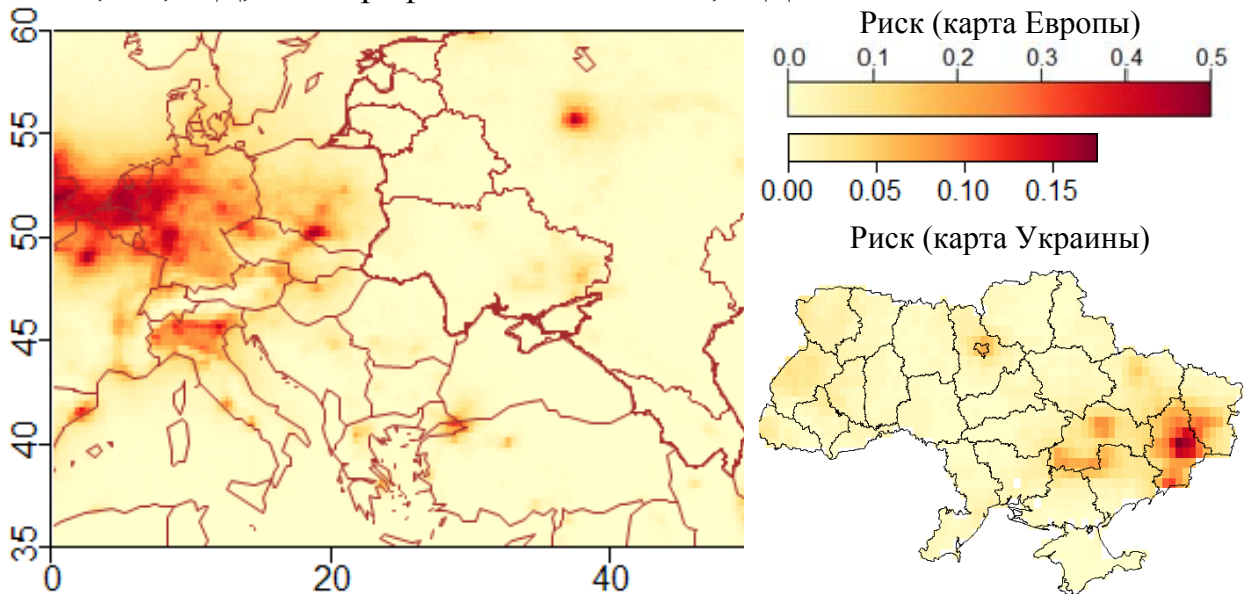


Рисунок 7 – Карта рисков умеренного уровня загрязнения атмосферы Украины и Европы диоксидом азота с разрешением примерно 27,5 км × 18 км

Концентрация оксида углерода ниже 100 еД считается низким уровнем загрязнения, умеренным от 100..150 еД (рис. 8), высоким – более 150 еД.

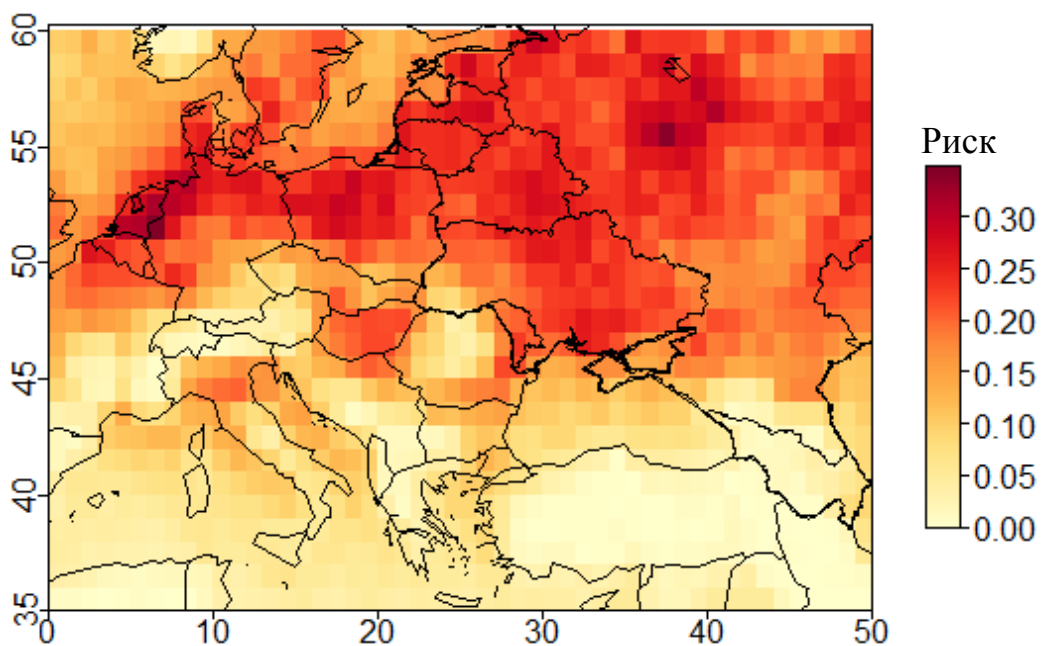


Рисунок 8 – Карта рисков умеренного уровня загрязнения атмосферы Украины и Европы оксидом углерода с разрешением 1,0°×1,0°

Анализ динамики концентрации диоксида углерода (CO_2) обнаруживает очевидный рост его содержания в атмосфере не только над территорией Украины, но и над любой другой точкой планеты (рис. 9).

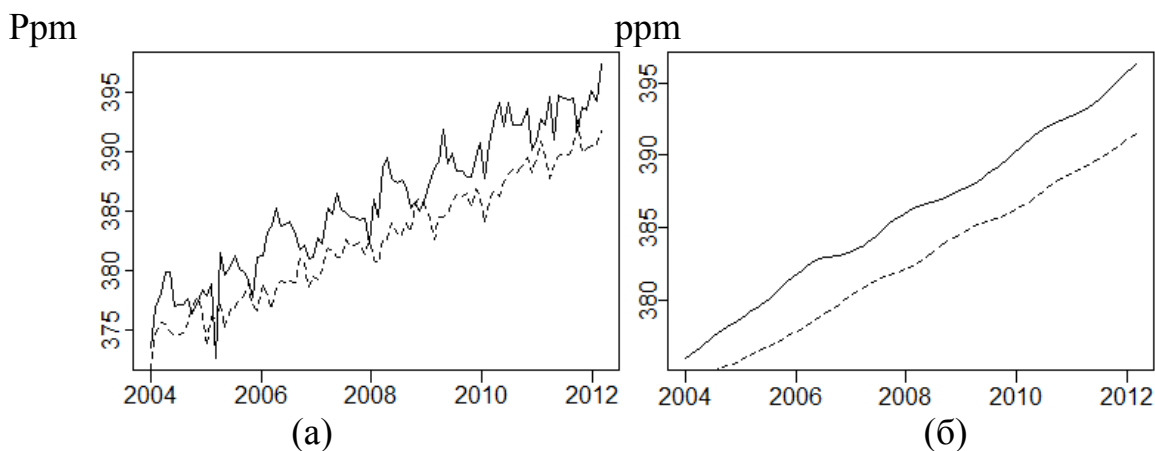


Рисунок 9 – Среднемесячная концентрация (а) и ее тренд (метод STL) (б) диоксида углерода (CO_2) в атмосфере над территорией Украины ($47^\circ, 35^\circ$) (сплошная линия) и тропиками ($-11^\circ, 15^\circ$) (пунктирная)

Для более уверенного суждения, из временных рядов среднемесячной концентрации CO_2 каждой ячейки РШДР разрешением $2,0^\circ \times 2,5^\circ$ для всей Земли (данные ниже -61° широты отсутствуют) извлечены тренды методом STL и вычислена их усредненная разность Δppm следующим образом. Пусть $v = \langle v_1, v_2, \dots, v_{98} \rangle$ и $w = \langle w_1, w_2, \dots, w_{98} \rangle$ – извлеченные тренды из произвольной и фиксированной на протяжении вычислений ячейки соответственно. Число 98 является количеством месяцев с января 2004 г. по февраль 2012 г. Усредненная разность Δppm для тренда v равна $\sum(v_i - w_i)/98$, где $i = 1, 2, \dots, 98$. Прибавив к Δppm минимальную из полученных усредненных разностей, получим карту на рис. 10. Использовано только 16 цветов для повышения контрастности изображения.

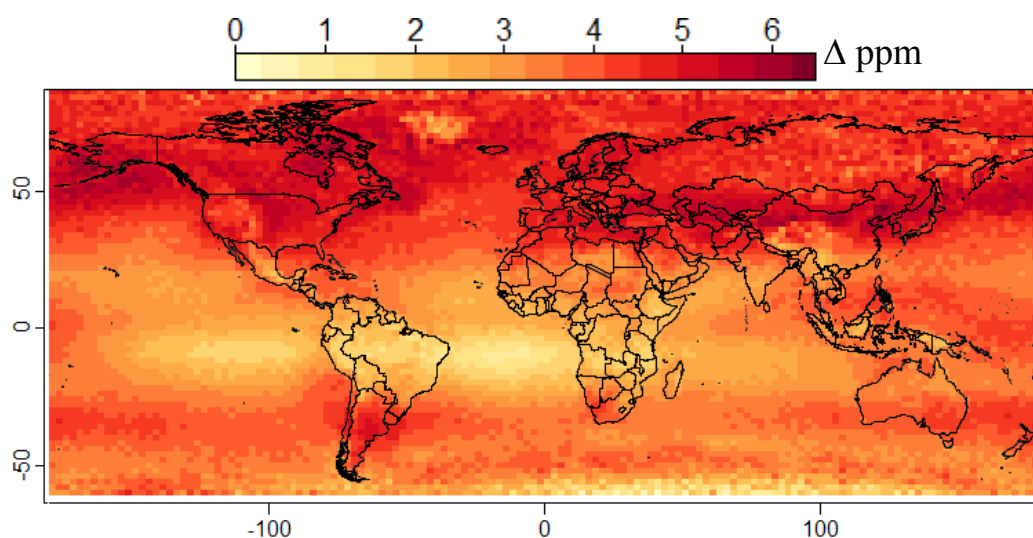


Рисунок 10 – Карта усредненных разностей трендов диоксида углерода для участка Земли между широтами -61° и 89° с разрешением $2,0^\circ \times 2,5^\circ$

Из карты на рис. 10 следует, что среднемесячная концентрация диоксида углерода однородна над Земным шаром (отличается на не более 6,5 ppm, что составляет менее 2% общей концентрации над любой точкой Земли). Это свидетельствует о хорошем перемешивании диоксида углерода в атмосфере.

Следовательно, в среднем концентрацию CO₂ над Украиной, США, Китаем, западной Европой и северным полюсом можно считать одинаковой.

Выводы. Climate Wikience предоставляет беспрецедентные возможности для одного эксперта или группы специалистов быстро выполнять очень большой объем анализа данных в практически важных областях исследований.

Результаты интересны не только с научной, но и с геополитической точки зрения, поскольку экологи и общественность в Украине привыкли говорить о высокой техногенной загруженности восточных регионов нашей страны. Как следствие, принято считать атмосферный воздух, например в Донецком регионе, наиболее загрязненным в Европе, что далеко не так. Например, максимальные риски умеренного загрязнения диоксидом азота атмосферы Европы и Украины относятся как 3:1. Воздух в городах Европы просто чище, потому что опасные предприятия вынесены за территорию городов и существуют решения обеспечения экологически эффективного движения транспорта. Однако этого нельзя сказать обо всей атмосфере развитых стран Европы.

Возможности Climate Wikience позволяют создавать аналогичные IT-системы в самых различных направлениях анализа и представления данных, например, социально-экономическом развитии стран и регионов, визуализации данных Всемирного банка и Программы развития ООН, создании Европейской информационной экологической сети SEIS, развитии государственной системы экологического мониторинга Украины.

Благодарности. Эта работа была поддержана грантом No. UKM1-2973-DO-09 Фонда гражданских исследований и развития США (CRDF). Любые мнения, анализы, выводы либо рекомендации, выраженные в этой статье, принадлежат автору, и не обязательно отражают официальные взгляды либо мнения CRDF.

Электронная версия этой статьи с цветными картами рисков находится в свободном доступе по адресу <http://wikience.donntu.edu.ua/rodrigis>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rodriges Zalipynis, R.A. Representing Earth remote sensing data as time series / R.A. Rodriges Zalipynis // Наук. праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Системний аналіз та інформаційні технології у науках про природу та суспільство, 2012.- №1(2) – 2(3). – С. 135 – 145.
 2. Climate Wikience [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://wikience.donntu.edu.ua/>.
 3. Родригес Залепинос, Р.А. Экологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы над территорией Украины / Р.А. Родригес Залепинос, Г.В. Аверин // Труды Второго международного научно-практического семинара «Повховские научные чтения» – Под общ. ред. А.Б. Ступина. – Донецк: ДонНУ, 20 декабря 2012 г. – С. 131 – 137.
-

REFERENCES

1. R.A. Rodrigues Zalipynis (2012), «Representing Earth remote sensing data as time series», *System analysis and information technologies in social and environmental sciences*, no. 1(2) – 2(3), pp. 135 – 145.
2. Climate Wikience [Electronic resource] – Access mode: <http://wikience.donntu.edu.ua/>.
3. R.A. Rodrigues Zalipynis and G.V. Averin (2012), «Ecological assessment of air pollution by sulfur dioxide over the territory of Ukraine», *Trudy Vtorogo mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminaru «Povkhovskiye nauchniye chteniya»*, – Donetsk: DonNU. – pp. 131 – 137.

Об авторе

Родригес Залепинос Рамон Антонио, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры компьютерных систем мониторинга Государственного высшего учебного заведения «Донецкий национальный технический университет» (ГБУЗ «ДонНТУ»), Донецк, Украина, rodrigues@csm.donntu.edu.ua

About the author

Rodriges Zalipynis Ramon Antonio, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor of the department of computer systems for monitoring of Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine, rodrigues@csm.donntu.edu.ua

Анотація. Вперше встановлені просторово-часові особливості забруднення атмосферного повітря діоксидом сірки (SO₂), діоксидом азоту (NO₂), діоксидом вуглецю (CO₂), оксидом вуглецю (CO) і аерозолем над Україною і Європою. Показано, що ризики помірного забруднення атмосферного повітря діоксидом сірки східної і західної частин України ставляться як 2:1. Показано, що помірні і високі ризики найбільш забруднених аерозолем областей Європи (за винятком півночі Італії) і України (місто Київ, Донецька та Одеська області) відносяться приблизно як 1:1. Рівні помірних ризиків для м. Київ, Донецькій та Одеській областей відносяться до помірних рівнях ризиків інших областей України як 1,8:1. Максимальні ризики помірного забруднення діоксидом азоту атмосфери Європи та України ставляться як 3:1. При аналізі динаміки зміни концентрації діоксиду вуглецю для атмосфери всієї Землі за останні 8 років (2004–2011 рр.) виявлений приріст на більш ніж 20 ppm. Показано, що атмосфера України схильна до такого ж рівня забруднення оксидом вуглецю, як і атмосфера країн Європи.

Ключові слова: дані дистанційного зондування Землі, часові ряди, діоксид сірки, діоксид азоту, діоксид вуглецю, оксид вуглецю, озон, аерозоль

Abstract. For the first time spatio-temporal characteristics of air pollution by sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), carbon dioxide (CO₂), carbon monoxide (CO) and aerosol over Ukraine and Europe are established. It was shown that moderate risks of air pollution by sulfur dioxide of eastern and western parts of Ukraine relate as 2:1. It was shown that values of moderate and high risks of European areas most polluted by aerosol (except the north of Italy) and Ukraine (Kyiv, Donetsk and Odessa regions) are approximately related as 1:1. Moderate levels of risks for Kiev, Donetsk and Odessa regions relate to moderate risk levels of other Ukrainian regions as 1.8:1. The maximum risk value of moderate pollution by nitrogen dioxide of the atmosphere of Europe and Ukraine relate as 3:1. The analysis of concentration dynamics of carbon dioxide for atmosphere of the whole earth for the last 8 years (2004–2011) revealed the increase for more than 20 ppm. It is shown that the atmosphere of Ukraine exposed to the same level of carbon monoxide pollution, as the atmosphere of other European countries.

Keywords: sulfur dioxide, nitrogen dioxide, carbon dioxide, carbon monoxide, aerosol

Стаття поступила в редакцію 25.09.2013

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько

УДК 622.268.13: 622.268.7

С.А. Курносів, д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,

В.В. Задерій, магістр
(ИГТМ НАН України),

А.А. Цикра, канд. техн. наук,

Д.И. Аверкин, магістр
(ООО «Минова Україна»),

П.Е. Филимонов, д-р техн. наук
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»),

А.В. Васильев, магістр
(ГП «Макеевуголь»),

В.Г. Васильев, магістр
(шахта «Чайкино», ГП «Макеевуголь»),

Д.А. Перетягтько, магістр
(шахта «Бутовская», ГП «Макеевуголь»).

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СБОРНОЙ ОХРАННО-ИЗОЛИРУЮЩЕЙ
ПОЛОСЫ ИЗ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩЕЙ БЕТОННОЙ СМЕСИ
«ТЕКХАРД»**

С.А. Курносів, д-р техн. наук, ст. наук. співр.,

В.В. Задерій, магістр
(ИГТМ НАН України),

А.А. Цикра, канд. техн. наук,

Д.І. Аверкін, магістр
(ТОВ «Минова Україна»),

П.Є. Філімонов, д-р техн. наук
(ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька»),

А.В. Васильєв, магістр
(ДП «Макіїввугілля»),

В.Г. Васильєв, магістр
(шахта «Чайкіно», ДП «Макіїввугілля»),

Д.А. Перетягтько, магістр
(шахта «Бутовська», ДП «Макіїввугілля»).

**ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ЗБІРНОЇ ОХОРОННО-ІЗОЛЮЮЧОЇ
ПОЛОСИ З ШВИДКОТВЕРДІЮЧОЇ БЕТОННОЇ СУМІШІ «ТЕКХАРД»**

S.A. Kurnosov, D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,

V.V. Zaderiy, Master of Science
(IGTM NAS of Ukraine),

A.A. Tsikra, Ph. D. (Tech.),

D.I. Averkin, Master of Science
(«Minova Ukraine» LTD),

P.Ye. Filimonov, D. Sc. (Tech.)
(« A.F. Zasydko Mine» PJSC),