Замърсяване на атмосферния въздух с въглероден оксид в румънския участък на Долен Дунав. Част 1. Методика на изследването

Любомир Владимиров Божидар Янков

Air pollution with carbon monoxide in the Romanian section of the Lower Danube Part 1. Methodology of the research: *Is developing a methodology to study air pollution with carbon monoxide. Indicators of the level and trends of air pollution with carbon monoxide justify. Information is compiled based on concentrations. The concentrations are modeled statistically. Make a cluster analysis. They are regularities of change hourly concentrations.*

Key words: *methodology, research, air pollution, carbon monoxide.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Замърсяването на атмосферния въздух в българско - румънската гранична зона по река Дунав е предмет на особен интерес през последните години [1-5,9,10].

Проблемът е актуален и важен за населението в граничната зона. Решаването му е задача, която е значима в контекста на международните отношения между България и Румъния и спецификата на риска за здравето на населението от действието на въглеродния оксид.

Въглеродният оксид се приема и анализира като потенциален замърсител на въздуха при трансграничен пренос на българска територия. Идеята е да се потърсят предпоставки и вероятности за възможен трансфер.

По отношение на въглеродния оксид досега са изследвани само концентрациите в Търну Мъгуреле и Александрия за сравнително ограничен период от време [2]. Поради това в настоящето изследване времето на наблюдения се разширява и се анализират концентрациите в по-широк кръг измервателни станции. Това гарантира представителност на анализа и на резултатите.

Целта на настоящата работа е да се създаде методика на изследване на замърсяването на атмосферния въздух с въглероден оксид в румънския участък по река Дунав.

За постигането й се решават следните задачи:

1. Обосноваване и дефиниране на индикатори на нивото и закономерностите на замърсяване с въглероден оксид на атмосферния въздух,
2. Създаване на база данни за концентрациите и компютърна обработка на данните.
3. Избиране на методи за определяне закономерностите на изменение на средночасовите концентрации.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Приета е обобщена методика за статистическо изследване на замърсяването на атмосферния въздух. Концентрациите се анализират като непрекъсната случайна величина.

За индикатори на замърсяването се прилагат средночасовите концентрации *СЧК* на въглероден оксид във въздуха. Те се съпоставят и се установяват съответствията спрямо възприетите норми в Румъния и в България.

Въз основа на средночасовите концентрации са определени средноденонощните *СДК* и средномесечните концентрации *СМК*. Изведени са максималните стойности $СЧК_{макс}$, $СДК_{макс}$ и $СМК_{макс}$.

В Румъния нормата за съдържание на въглероден оксид в атмосферния въздух е 10 mg/m^3. Тя е пределно допустима стойност за опазване на човешкото здраве при

осемчасова дневна експозиция [7].

В България е въведена същата норма за опазване на човешкото здраве. Тя е приета като максимална средна стойност за осем часа в денонощието. Допуска се отклонение 60% [6], при което максималната стойност става 16 mg/m^3.

Индикаторите на замърсяването с въглероден оксид се определят въз основа на:

1) Числените характеристики на статистическите закони на разпределение на концентрациите;

2) Динамични времеви редове на средночасовите *СЧК*, средноденонощните *СДК* и средномесечните концентрации *СМК*, които отразяват зависимоста от времето *t*;

3) Математични модели на тренда на концентрациите - *СЧК, СДК* и *СМК=f(t)*.

В изследването е използвана информация за концентрациите на въглероден оксид, измерени от автоматичните измервателни станции на Национална агенция по опазване на околната среда към Министерство на околната среда и горите на Румъния. Ползвана е и информация, публикувана в Интернет - сайта на Агенцията [12] и на Европейската агенция по околната среда [11].

Резултатите са от измервания през периода от 2007 до 2015 г..

Измерванията са проведени чрез инфрачервена спектроскопия. Референтният метод за измерване на концентрациите на въглероден оксид е съгласно стандарта *SR EN 14626*.

Теоретичното моделиране на замърсяванията с въглероден оксид се извършва чрез статистическите закони на разпределение.

Проверяват се хипотезите на 17 закона на разпределение: закон на равната вероятност (*Uniform*); бета разпределение (*Betta*), гама - разпределение (*Gamma*), нормално разпределение (*Normal*); триъгълно разпределение (*Triang*); логаритмично - нормално разпределение (*LogNormal*); експоненциално разпределение (*Expon*), логистично разпределение (*Logistic*); логаритмично - логистично разпределение (*LogLogistic*), инверсно гаусово разпределение (*InvGauss*) - разпределение на Гъмбел, разпределение на Вейбул (*Weibull*), разпределение на Релей (*Rayleigh*); разпределение на Пирсон (*Pearson*); разпределение на Ерланг (Erlang), разпределение на екстремалната стойност (*ExtrValue*) – разпределение на Валд.

Сравняват се теоретичните и експерименталните модели на разпределение на концентрациите на въглероден оксид - фиг. 1.

Определят се седем групи числени характеристики на моделите:

1) абсолютни и относителни граници на изменение (*Left X, Left P, Right X, Right P*),

2) абсолютен и относителен размах (*Diff. X, Diff. P*),

3) минимални, максимални и средни стойности (*Minimum, Maximum, Mean*),

4) мода (*Mode*),

5) медиана (*Median*),

6)стандартно отклонение (*Std. Deviation*) и вариация (*Variance*),

7) асиметрия (*Skewness*) и екцес (*Kurtosis*).

Числените характеристики интерпретират и описват количествено закономерностите на появяване на средночасовите концентрации.

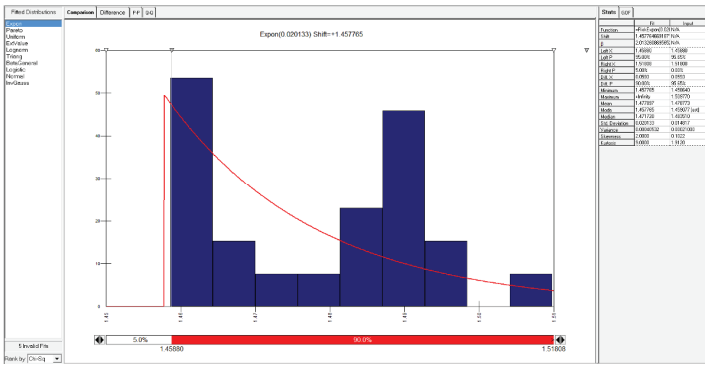
Базата данни за концентрациите е форматирана чрез програмата Microsoft Excel 2010.

Тестването на законите на разпределение се извършва чрез три критерия - χ^2 критерий на Пирсон, критерий на Колмогоров - Смирнов *K-S* и критерий на Андерсон - Дарлинг *A-D*.

При компютърната обработка на данните от изследваната извадка законите на разпределение на концентрациите се извеждат (фиг. 1) и степенуват програмно. В

редица извадки от данни за концентрациите и тестване с трите критерия се получават различни модели. Резултатите се съпоставят и се избира най-подходящият модел на концентрациите.

Времевите редове на средночасовите концентрациите и математичните модели на тренда на измененията им са изведени чрез програмата *SPSS 17.0* и *Microsoft Excel 2010*.



Фиг.1. Теоретичен (——) и експериментален (■) модел на концентрациите с въглероден оксид

Определят се десет типа регресионни модели:

1) Мултипликативен модел,

2) Модел на нарастване,

3) Квадратичен модел,

4) Кубичен модел,

5) Експоненциален модел,

6) Логаритмичен модел,

7) *S* - крива,

8) Степенен модел,

9) Инверсен модел,

10) Логистичен модел.

Резултатите от измервателните станции се приемат за показатели на нивото на замърсяването на атмосферния въздух в населените места на окръг Телеорман и окръг Гюргево. Разположени са в:

1) Александрия - измервателна станция *TR1*;

2) Търну Мъгуреле - измервателна станция *TR2*.

Измервателна станция *TR1* в Александрия е за измерване на замърсяването на въздуха в урбанизираната територия. Обхванати са широк кръг от замърсители - CO, NO, NO_2, NO_X, SO_2, O_3, бензен, толуен, етил, бензен, оксилен, m-ксилен, p-ксилен, фини прахови частици PM 10.

Станция *TR2* е в Турну Магуреле. Извършва денонощни измервания на замърсяването на въздуха с CO, NO, NO_2, NOx, SO_2, O_3, PM10. Станция *Turnu 1* е разположена в сградата на Община и *Turnu 2* – във водната помпена станция на 1,5 km западно от химически завод „Donau Chem SRL”.

3) Гюргево:

а) измервателна станция *GR1* в „Квартал на младежта”;

б) измервателна станция *GR2* в квартал „Панаира”;

в) измервателна станция *GR3* в Западна индустриална зона;

г) измервателна станция *GR4* в село Браништеа.

4) Кълъраш:

Станция *CL1* е в селищна зона „Хоризонт”. Предназначена е за определяне на замърсяването на атмосферния въздух от автомобилния транспорт. Измерват се CO, NO, NO_2, NO_X, SO_2, O_3, фини прахови частици PM10, олово, бензен, толуен,

етилбензен.

Станция *CL2* е в квартал „Градски стадион". Там се измерват замърсявания на атмосферния въздух в селищната среда. Предмет на измерванията са същите замърсители, както в измервателна станция *CL1*.

Въз основа на информацията от Националната агенция по опазване на околната среда към Министерство на околната среда и горите в Румъния, включително и от глобалната мрежа, са съставени представителни извадки за средночасовите концентрации *СЧК*.

Извадките са ограничени и различни за изследваните периоди от време. Броят на данните в тях не е еднакъв, тъй като са отчетени правилата за валидност на измерванията, които са дефинирани в изискванията за мониторинг на качеството на атмосферния въздух в Европейския съюз.

Различията се дължат на прекратяване на измерването поради технологични причини, неизправности в измервателната апаратура, както и налагащи се промени в организацията и непрекъсваемостта в работата на измервателните станции.

При компютърната обработка на данните за проверка на хипотезите на теоретичните и експериментални модели на концентрациите на въглероден оксид е използвана изпитателна версия на програма Risk 6.0 и програмата SPSS 17.0.

За разлика от досегашните изследвания [1-5,9,10] концентрациите на въглероден оксид са допълнително изследвани с клъстерен анализ.

Идеята е концентрациите на бъдат класифицирани в групи. Работи се със средночасовите концентрации *СЧК* и техните максимални стойности $СЧК_{макс}$.

Формира се съвкупност от *p* - измервателни единици, за каквито са приемат концентрациите. Измервателните единици се въвеждат за *n* - променливи - измервателни станции, където са установени концентрациите. Изследват се възможностите за формиране на логически обосновани и практически обясними еднородни групи от концентрации - клъстери [8].

Създава се матрица *X* на концентрациите X_{ij} $(i=1, \ldots, n; j=1, \ldots p)$. Матрицата *X* е с размерност *n x p*. Трансформира се в матрица на близостта *S*, която е симетрична и е с размерност *n x n*. Нейните елементи s_{ij} $(i,j=1, \ldots, n)$, са измерители на подобие или различие между концентрациите на въглероден оксид. За измерител на подобие е прието разстоянието. Прилага се евклидово и квадратично евклидово разстояние.

Формират се клъстери на концентрациите. Прилага се методът на йерархичната клъстерификация. Извършва се последователно обединяване на клъстерите, при което се съдържат взаимно. Използва се агломеративен метод, в съответствие с който се правят последователни сливания на единици и клъстери на концентрациите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създадена е методика на изследване на замърсяването на атмосферния въздух с въглероден оксид в румънския участък по река Дунав. Тя позволя детайлно да се анализират нивата на концентрациите и да се определят тенденциите в измененията им.

Обосновани и са дефинирани индикатори на замърсяването.

Формирана е база данни за концентрациите въз основа на измервания проведени в Агенцията по опазване на околната среда на Румъния. Данните се обработват компютърно със съвременни версии на доказани програмни продукти.

Прилага се методът на статистическото моделиране. Установяват се теоретични и експериментални модели на замърсяването по 17 закони на разпределение. Тестването на хипотезите се извършва с три критерия - критерий на Пирсон, критерий на Колмогоров - Смирнов и критерий на Андерсон - Дарлинг.

Прави се клъстерен анализ на концентрациите. Концентрациите се

класифицират в групи. Работи се със средночасовите концентрации *СЧК* и техните максимални стойности $СЧК_{макс}$.

Закономерностите на изменение на средночасовите, средноденонощните и средномесечните концентрации във времето се предлага да бъдат описани с девет модела на тренда. Те отразяват достатъчно пълно и точно тенденциите на възникване в много широк диапазон и динамика на вариации на концентрациите.

Литература

[1]. Бабанова, Е., Л. Владимиров. Динамика на атмосферното замърсяване със серен диоксид на румънска територия в гранична зона Русе - Гюргево. Варна, Научен алманах на Варненски свободен университет "Черноризец Храбър", серия "Юридически науки и обществена сигурност", 2014, кн.26, с.235-251, ISSN 1313-7263.

[2]. Владимиров, Л., Е. Бабанова. Замърсяване на атмосферния въздух с въглероден монооксид в трансграничния регион по Долен Дунав. Велико Търново, Национален военен университет „Васил Левски”, Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, 13-14.11. 2014 г. (под печат)

[3]. Владимиров, Л. Мениджмънт на трансграничната екологична сигурност. Дисертация за присъждане на научната степен „доктор на науките”. София, Военна академия „Г. С. Раковски”, 2012.

[4]. Владимиров, Л., Е. Бабанова, М. Тодорова. Замърсяване с азотен диоксид и азотен монооксид на атмосферния въздух в гранична зона Русе – Гюргево. Студиа. Варна, Научен алманах на Варненски свободен университет "Черноризец Храбър", серия "Юридически науки и обществена сигурност", 2014, кн.26, с.202-234, ISSN 1313-7263.

[5]. Владимиров, Л., Е. Бабанова. Динамични редове на замърсяването с азотен диоксид и азотен монооксид на атмосферния въздух по румънско – българската граница в окръг Телеорман. Sustainable Development. International Journal, 2014, No 20, pp. 89- 95, ISSN 1314-4138.

[6]. Наредба №12 от 15 юли 2010 г. за норми за серен диоксид, азотен диоксид, фини прахови частици, олово, бензен, въглероден оксид и озон в атмосферния въздух. обн. ДВ, бр.58/2010г.

[7]. LEGEA nr. 104 din 15 iunie 2011. Monoxid de carbon - CO.

[8]. Romeesburg, H. Cluster analysis for research. Belmont:LifeTIME Learning Publications. 1994.

[9]. Todorova, M., L. Vladimirov, E. Babanova. Models of maximum concentrations of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide in the Air along the Bulgarian bank of the Danube river. Studios. Association Scientific and Applied Research, Journal Scince Education Innovation, Volume 2, 2014, pp.73-102, ISSN 1314-9784.

[10]. Vladimirov, L., E. Babanova, N. Kovachev. Models of air pollution with nitrogen dioxide and nitrogen monoxide in Romanian - Bulgarian border at Turnu Magurele and Alexandria. Sustainable Development. International Journal, 2014, No 20, pp.109-115, ISSN 1314-4138.

[11]. http://www.eea.europa.eu/

[12]. http://www.mmediu.ro/

За контакти:

професор д.н. д-р ик. Любомир Владимиров, тел.: 0882662020, e-mail: vladimirov@abv.bg

Докладът е рецензиран.