

УДК 004.021

DOI <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2023-02-06-05>

РОЗРОБКА МЕТОДУ АВТОМАТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ ЗВІТНОСТІ ПРО КІЛЬКІСТЬ ПЕРЕВИЩЕНЬ ВСТАНОВЛЕНИХ НОРМАТИВІВ МАРКЕРІВ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Вадурін К. О., аспірант, Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7781-5783>, kir3337@gmail.com

Перекрест А. Л., д-р техн. наук, професор, Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7728-9020>, pksg13@gmail.com

Бахарєв В. С., д-р техн. наук, професор, Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9312-654X>, v.s.baharev@gmail.com

Анотація. В Україні наразі спостерігаються значні суспільні зміни, які охоплюють цифровізацію різних аспектів соціального й наукового життя. Зокрема, впроваджуються цифрові технології у галузь екологічного моніторингу, де діє комунальне підприємство «Науковий центр еколого-соціальних досліджень» при Кременчуцькій міській раді в Полтавській області. Одним з основних завдань для цього підприємства є стандартизація внутрішнього документообігу для відповідності новим стандартам у проведенні екологічних досліджень. У цьому контексті важливо розробити метод автоматичного формування звітів про кількість перевищень встановлених нормативів маркерів атмосферного повітря, завдяки чому можна скоротити час, який оператор витрачає на підготовку звітності. Основною метою цього дослідження є створення методу автоматичного формування звітів про кількість перевищень маркерами нормативів атмосферного повітря відповідно до постанови № 827 КМУ. Для реалізації поставленої мети спочатку було проаналізовано ключові тези постанови й визначено основні положення, яких слід дотримуватися під час формування звіту. Потім, за витримками з додатків до постанови, в Excel було згенеровано набір даних, що містить усі визначені маркери, а також нормативи для подальшого тестування розробленого методу. За згенерованими даними побудовано ряд таблиць усереднення: годинну; восьмигодинну; добову; добову за максимальним восьмигодинним значенням; місячну; річну. За таблицями усереднення та пунктами Додатку 2 до Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря загальний звіт розділено на три аркуші Excel, у яких реалізовано функціонал підрахунку кількості перевищень маркерами атмосферного повітря встановлених нормативів. За результатами виконання дослідження розроблено метод, що базується на основі використання ковзкої області виділення комірок і припущення, що дата сет починається з 01.01.2020 0:00:00.

Ключові слова: якість атмосферного повітря, екологічний моніторинг, Excel, метод автоматичного розрахунку.

DEVELOPMENT OF A METHOD OF AUTOMATIC REPORTING ON THE NUMBER OF EXCEEDANCES OF THE ESTABLISHED STANDARDS OF ATMOSPHERIC AIR MARKERS

Kyrylo Vadurin, Postgraduate Student, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi
National University, Kremenchuk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7781-5783>, kir3337@gmail.com

Andrii Perekrst, Dc.S., Prof., Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,
Kremenchuk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7728-9020>, pksg13@gmail.com

Volodymyr Bakharev, Dc.S., Prof., Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi
National University, Kremenchuk, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9312-654X>, v.s.baharev@gmail.com

Abstract. Ukraine is currently experiencing significant social changes that include the digitalisation of various aspects of social and scientific life. In particular, digital technologies are being introduced in the field of environmental monitoring, where the Municipal Enterprise "Scientific Centre for Environmental and Social

Research" operates under the Kremenchuk City Council in Poltava Oblast. One of the main challenges for this enterprise is to standardise its internal document flow to meet new standards in environmental research. In this context, it is important to develop a method for automatically generating reports on the number of exceedances of the established standards of atmospheric air markers, which will reduce the time spent by the operator on reporting. The main purpose of this study is to create a method for automatically generating reports on the number of exceedances of air quality standards by markers in accordance with Resolution No. 827 of the Cabinet of Ministers of Ukraine. To achieve this goal, we first analysed the key points of the resolution and identified the main provisions that should be followed when generating the report. Then, based on the excerpts from the annexes to the resolution, a data set containing all the identified markers and standards was generated in Excel for further testing of the developed method. Based on the generated data, a number of averaging tables were built: hourly; eight-hourly; daily; daily by the maximum eight-hour value; monthly; and annual. According to the averaging tables and the paragraphs of Annex 2 to the Procedure for State Monitoring in the Field of Atmospheric Air Protection, the general report is divided into three Excel sheets, which implement the functionality of calculating the number of exceedances of the established standards by atmospheric air markers. As a result of the study, a method was developed based on the use of a sliding cell selection area and the assumption that the set date starts from 01.01.2020 0:00:00.

Key words: air quality; environmental monitoring; Excel; automatic calculation method.

Вступ

Наразі в Україні відбуваються значні суспільні зміни – проводиться цифровізація всіх процесів соціальної та наукової діяльності: вводяться ID-картки замість паспортів; розвивається цифрова платформа індивідуального документообігу «ДІЯ»; у лікарнях запроваджуються цифрові лікарняні картки. Інтеграція цифрових технологій не оминула і сферу екологічного моніторингу, у якій працює комунальне підприємство «Науковий центр еколого-соціальних досліджень» Кременчуцької міської ради Кременчуцького району Полтавської області. Наразі однією з основних завдань підприємства є узгодження внутрішнього документообігу з оновленими стандартами провадження екологічних досліджень. Тому актуальною задачею є розробка методу автоматичного формування звітності про кількість перевищень встановлених нормативів маркерів атмосферного повітря, завдяки чому можна зменшити час оператора на підготовку повного комплексу звітності й попередити помилки в розрахунках, викликані людським фактором.

Метою дослідження є розробка методу автоматичного формування звітності про кількість перевищень встановлених нормативів маркерів атмосферного повітря згідно з постановою № 827 КМУ [1], що дасть змогу узгодити внутрішній документообіг зі встановленими стандартами й удосконалити створену інформаційну систему з формування звітних відомостей.

Виконання досліджень

Спочатку було проведено пошук існуючих науково-технічних рішень з автоматичного формування звітності про кількість перевищень встановлених нормативів маркерів атмосферного повітря згідно з постановою № 827 КМУ за наукометричними базами [2–4] та доступними через стандартні пошукові системи [5–6]. Під час пошуку не виявлено подібних рішень.

Тому на початковому етапі дослідження було проаналізовано основні положення постанови Кабінету Міністрів України № 827 від 14 серпня 2019 року «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря». Основні положення, наведені в постанові, такі:

1. Затверджено Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря.
2. Внесено зміни до Положення про державну систему моніторингу довкілля.
3. Визнано такими, що втратили чинність, низку постанов Кабінету Міністрів України з питань моніторингу атмосферного повітря.
4. Доручено обласним держадміністраціям та іншим органам виконавчої влади визначити органи управління якістю атмосферного повітря, утворити відповідні комісії, розробити програми моніторингу тощо.
5. Встановлено, що Порядок набирає чинності через рік після опублікування постанови, а інші пункти – з дня опублікування.

Основні положення, яких слід притримуватися під час формування звіту на основі цієї постанови:

1. Звіт має містити узагальнені дані про якість атмосферного повітря за певний проміжок часу на певній території.
2. У звіті має бути наведена оцінка стану атмосферного повітря й атмосферних опадів.
3. Звіт повинен містити прогнози стану атмосферного повітря та його змін.
4. У звіті надається інформація про вплив рівнів забруднювальних речовин в атмосферному повітрі на здоров'я та життєдіяльність населення.
5. У звіті зазначаються перевищення граничних величин, цільових показників і порогів небезпеки.
6. Звіт має містити рекомендації щодо заходів для поліпшення якості атмосферного повітря.
7. Дані у звіті мають бути обґрунтовані посиланнями на результати вимірювань, моделювання та розрахунків.

8. Висновки звіту мають ґрунтуватися на чинних нормативно-правових актах і науково обґрунтованих методиках.

9. Звіт має бути оформлений згідно з вимогами нормативних документів і стандартів.

Під час попередніх досліджень було отримано певний масив даних зі станцій Vaisala, але не всі зі встановлених у постанові маркерів вимірюються станціями. Тому для розробки методу формування звітів за постановою було згенеровано набір даних, що містить усі визначені маркери, а також стовпці для подальшого прогнозування змін атмосферного повітря.

Розробка методу проводилася в Microsoft Excel – це потужний процесор для обробки даних та електронних таблиць, розроблений корпорацією Microsoft. Програма надає зручне інтерфейсне середовище для створення, редагування, організації та аналізу числових даних. Excel може використовуватися для різних завдань, включно зі створенням фінансових звітів, графіків, таблиць, обчислень, аналізом статистики тощо.

Умовністю генерованого списку та подальших обчислень є те, що дані мають починатися 1 січня будь-якого року о 00:00:00 (від 1900 року до 9999 року, що є системним обмеженням Excel).

Генеровані дані зібрані в «розумну» таблицю, що дає змогу автоматично заповнювати всі її стовпці, але викликає обмеження з адресуванням на комірки даних – якщо формула посилатиметься на комірки поза таблицю, то розрахунки проводитися не будуть.

Стовпець «Дата та час» згенерований за допомогою написання двох послідовних інтервалів часу, і «розумна» таблиця продовжує написання дати та часу з тим самим інтервалом.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Дата та час	Вологість, % RH	Тиск, гПа	Температура, °C	Діоксид сірки, мкг/куб. м	Діоксид азоту та оксид азоту, мкг/куб. м	Бензол, мкг/куб. м	Оксид вуглецю, мкг/куб. м	Свіинець, мкг/куб. м	Тверді частки 10, мкг/куб. м	Тверді частки 2,5, мкг/куб. м	Арсен, мкг/куб. м	Кадмій, мкг/куб. м	Нікель, мкг/куб. м	Бенз(а)пірен, мкг/куб. м	Озон, мкг/куб. м	Напрямок вітру
1																	
2	01.01.20 0:00	87,00	1019,75	-4,00	36,752	23,200	1,113	2,150	6,030	48,820	15,990	1,750	0,500	8,750	0,588	72,070	135
3	01.01.2020	93,00	1019,91	-4,00	50,971	17,440	2,127	9,910	7,950	8,750	6,200	2,150	0,430	12,060	0,280	25,600	90
4	01.01.20 0:40	85,00	1019,33	-4,00	20,369	10,480	2,902	5,730	6,530	23,260	5,700	2,130	1,290	9,480	0,377	72,150	90
5	01.01.2020	95,00	1019,12	-5,00	5,117	28,200	2,300	10,110	0,970	14,130	3,880	0,160	2,490	0,310	0,040	107,440	90
6	01.01.20 1:20	94,00	1019,09	-5,00	4,050	10,970	10,000	9,380	7,150	6,360	9,810	1,140	4,610	3,420	0,141	97,800	135
7	01.01.2020	91,00	1019,06	-4,00	11,982	31,880	1,328	4,670	1,110	5,970	9,150	0,280	3,510	65,880	0,489	20,180	315
8	01.01.20 2:00	80,00	1019,67	-4,00	32,735	29,630	1,543	2,400	7,150	23,640	3,340	3,040	2,190	1,690	0,088	22,220	90
9	01.01.2020	83,00	1019,13	-4,00	19,375	27,140	2,066	7,120	7,570	10,980	6,470	0,980	0,100	1,230	0,051	70,490	90
10	01.01.20 2:40	91,00	1019,12	-4,00	47,104	12,110	1,008	9,330	3,280	24,940	9,870	1,930	3,360	0,750	0,475	104,210	225
11	01.01.2020	88,00	1019,48	-4,00	37,376	21,820	0,331	4,050	0,390	21,480	2,900	3,070	1,050	11,450	0,170	35,140	315
12	01.01.20 3:20	84,00	1019,33	-4,00	45,318	22,200	2,909	8,010	7,010	21,390	14,310	4,800	0,630	4,270	0,241	72,530	-1

Рис. 1. Згенерована таблиця даних

Стовпець «Вологість, % RH» згенерований з використанням функції:

=SWITCH(MONTH(\$A2);1;RANDBETWEEN(80;95);2;RANDBETWEEN(80;95);12;RANDBETWEEN(80;95);6;RANDBETWEEN(45;51);7;RANDBETWEEN(45;51);8;RANDBETWEEN(45;51);3;RANDBETWEEN(60;70);4;RANDBETWEEN(60;70);5;RANDBETWEEN(60;70);9;RANDBETWEEN(60;70);10;RANDBETWEEN(60;70);11;RANDBETWEEN(60;70)).

Функція генерації вологості дає змогу врахувати сезонність [32], але не враховує час дня. Загальна функція базується на даних першого стовпця, де введена дата. Функція MONTH(\$A2) отримує номер місяця, і залежно від отриманого значення відбувається переключення умов генерації вологості у функції SWITCH(). Генерація здійснюється за допомогою функції RANDBETWEEN(80;95). Для кожного сезону вологість коливається в межах 10–15% від статистичної.

Атмосферний тиск для стовпця «Тиск, гПа» згенеровано на рівні 1019–020 гПа функцією:

=RAND()*100/100+1019.

Для генерації тиску використовується функція RAND(), що повертає випадкове число від 0 до 1.

Стовпець «Температура, °C» згенеровано сезонно, подібно до вологості функцією:

=SWITCH(MONTH(\$A2);1;RANDBETWEEN(-5;-4);2;RANDBETWEEN(-4;-3);3;RANDBETWEEN(1;2);4;RANDBETWEEN(8;10);5;RANDBETWEEN(14;16);6;RANDBETWEEN(18;19);7;RANDBETWEEN(19;20);8;RANDBETWEEN(18;19);9;RANDBETWEEN(13;14);10;RANDBETWEEN(7;8);11;RANDBETWEEN(1;2);12;RANDBETWEEN(-3;-1)).

Генерування маркерів атмосферного повітря проводилося на підставі даних з Додатку 2 до Порядку, визначених у пункті «II. Верхній та нижній порого оцінювання», щоб відповідні балансували на межі допустимих рівнів та інколи перевищували їх, для відображення відповідної статистики у звіті. Вірогідність значного перевищення гранично допустимих концентрацій під час генерації враховується за допомогою функції IF(), яка очікує випадкове число, що менше за певне значення (RAND()>0,1).

Формули для генерування деяких із них:

– Діоксид сірки, мкг/куб. м:

=IF(RAND()>0,1;RANDBETWEEN(0;51000)/1000;RANDBETWEEN(3000;80000)/100);

– Діоксид азоту й оксиди азоту, мкг/куб. м:

=IF(RAND()>0,05;RANDBETWEEN(1000;3200)/100;RANDBETWEEN(100;8000)/100);

– Бензол, мкг/куб. м:

=IF(RAND()>0,05;RANDBETWEEN(10;3000)/1000;RANDBETWEEN(5;10)).

Також у таблиці згенеровано напрямки вітру в числовому представленні кута руху повітряних мас. Значення напрямків вітру відносно назв можливих напрямків вітру: північний – 1; північно-східний – 45; східний – 90; південно-східний – 135; південний – 180; південно-західний – 225; західний – 270; північно-західний – 315; штиль – -1.

Функція для генерації напрямку вітру спочатку генерує випадкове ціле число від 0 включно до 9 не включно за допомогою INT(RAND()*9), і далі встановлюється випадковий напрямок функцією SWITCH():=SWITCH(INT(RAND()*9);0;1;45;2;90;3;135;4;180;5;225;6;270;7;315;8;-1).

Для усереднення даних за годину спочатку було сформовано стовпець «Дата та час». Цей стовпець фактично генерується у вигляді посилань на стовпець таблиці з 20-хвилинним усередненням і бере звідти дані лише для конкретної години. Функція для отримання години має такий вигляд: =INDEX(Таблиця1[Дата та час];(ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])-1)*3+1;0).

Функція працює так: функція ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])-1)*3+1 для комірки з другого рядка повертає номер рядка другої комірки вихідної таблиці, для третьої комірки повертає 8-му комірку вихідної таблиці, для четвертої – 11-ту і так далі. А функція INDEX() дає змогу отримати значення цієї комірки.

Усереднення даних в усіх інших стовпцях, крім напрямку вітру, реалізується такою функцією:

=AVERAGE(OFFSET(Таблиця1[[#Заголовки];[Вологість, % RH]];IF(ROW([@[Дата та час]])>2;(ROW([@[Дата та час]])-2)*3+2;1);0;IF(ROW([@[Дата та час]])=2;4;3);1))

Оскільки виходимо з того, що дані починаються 01.01.2020 з 00:00, то перше усереднення буде мати 4 виміри: 00:00, 00:20, 00:40, 01:00, а всі інші усереднення матимуть 3 виміри: 01:20, 01:40, 02:00, використаємо функцію IF(), яка визначатиме номер рядка, до якого застосовується формула, і якщо рядок не перший, то відбуватиметься зміщення виділення за допомогою OFFSET() на наступні 3 комірки, якщо ж рядок перший, то виділятимуться 4 перші комірки. У функції OFFSET() «Таблиця1[[#Заголовки];[Вологість, % RH]]» вказує на стовпець, до якого застосовується ковзке зміщення. Функція AVERAGE() дає змогу знайти середнє значення комірок, виділених за допомогою ковзкого зміщення.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
	Дата та час	Вологість, % RH	Тиск, гПа	Температура, °C	Діоксид сірки, мкг/куб. м	Діоксид азоту, мкг/куб. м	Бензол, мкг/куб. м	Оксид свинцю, мкг/куб. м	Свинець, мкг/куб. м	Тверді частини і частини до 10, мкг/куб. м	Тверді частини 2,5, мкг/куб. м	Арсен, мкг/куб. м	Кадмій, мкг/куб. м	Нікель, мкг/куб. м	Бензол (a)пірен, мкг/куб. м	Озон, мкг/куб. м	Напрямок вітру	Допоміжний стовпець для розрахунку перевищення діоксиду сірки ВНП827ч4	Допоміжний стовпець для розрахунку перевищення діоксиду азоту ВНП827ч4	Допоміжний стовпець для розрахунку перевищення озону ВНП827ч4	Допоміжний стовпець для розрахунку перевищення інф ВНП827ч4
1																					
2	01.01.20 1:00	85,75	1019,65	-4,75	168,83	41,74	1,00	6,80	11,29	17,43	16,14	3,30	0,98	17,08	0,23	48,36	315	0,00	0,00	0,00	0,00
3	01.01.20 2:00	87,67	1019,56	-4,33	179,87	31,40	1,51	9,08	4,06	14,80	11,12	2,05	1,43	9,54	0,34	42,22	180	0,00	0,00	0,00	0,00
4	01.01.20 3:00	84,67	1019,51	-4,33	241,26	22,27	1,74	4,55	4,28	11,03	8,45	1,99	1,50	9,52	0,32	63,69	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
5	01.01.20 4:00	91,67	1019,42	-4,67	23,41	20,46	1,63	5,07	2,27	16,85	7,62	1,50	2,83	8,92	0,28	97,20	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
6	01.01.20 5:00	84,33	1019,72	-4,67	74,69	25,72	1,58	9,45	4,77	12,36	16,90	1,46	2,40	7,29	0,43	49,88	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
7	01.01.20 6:00	85,67	1019,52	-4,33	260,04	29,24	0,74	#####	3,85	21,34	8,54	4,88	1,81	37,77	0,12	55,27	225	0,00	0,00	0,00	0,00
8	01.01.20 7:00	86,67	1019,56	-4,33	7,47	21,74	1,27	4,45	1,95	15,26	12,27	3,03	1,76	4,88	0,18	67,58	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
9	01.01.20 8:00	86,33	1019,69	-4,33	144,70	21,60	1,76	4,46	3,94	16,13	13,55	1,29	1,73	9,35	0,41	58,99	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
10	01.01.20 9:00	94,33	1019,59	-4,67	30,09	26,14	2,00	7,53	3,28	19,73	9,91	2,09	2,14	4,91	0,23	60,15	90	0,00	0,00	0,00	0,00
11	01.01.20 10:00	90,00	1019,30	-4,33	16,18	23,24	1,80	9,07	4,82	32,15	17,94	1,78	1,25	5,94	0,42	47,09	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
12	01.01.20 11:00	84,67	1019,35	-4,33	24,79	18,77	1,08	7,05	5,38	20,07	8,87	2,16	2,28	10,64	0,16	81,64	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
13	01.01.20 12:00	86,00	1019,53	-4,33	28,98	28,23	3,79	8,73	5,46	15,72	15,45	3,78	2,15	34,46	0,27	#####	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
14	01.01.20 13:00	90,67	1019,41	-4,33	211,98	19,68	1,53	3,90	3,73	22,00	5,45	1,31	1,49	20,71	0,21	#####	#Н/Д	0,00	0,00	0,00	0,00
15	01.01.20 14:00	84,67	1019,46	-4,33	35,40	17,47	0,38	5,60	6,36	15,33	9,41	1,74	3,12	6,54	0,37	68,94	135	0,00	0,00	0,00	0,00
16	01.01.20 15:00	88,33	1019,66	-4,00	33,25	20,50	1,58	6,61	4,26	16,14	10,20	1,42	2,87	10,92	0,42	62,74	315	0,00	0,00	0,00	0,00

Рис. 2. Таблиця усереднення за годину

Визначення переважаючого напрямку вітру здійснюється подібною функцією, як і підрахунок середнього, але замість AVERAGE() використовується MODE.SNGL(), яка може визначати моду чисел в ряді, саме тому прийнято рішення записувати напрямок вітру не текстом, а у вигляді кутів. Функція визначення переважаючого напрямку вітру має вигляд:

=MODE.SNGL(OFFSET(Таблиця1[[#Заголовки];[Напрямок вітру]];IF(ROW([@[Дата та час]])>2;(ROW([@[Дата та час]])-2)*3+2;1);0;IF(ROW([@[Дата та час]])=2;4;3);1)).

Якщо функції не вдається визначити моду, то повертається значення #Н/Д.

Також до таблиці додано 4 допоміжні рядки для розрахунку критеріїв, вказаних у постанові № 827, щодо визначення кількостей послідовного перевищення показників діоксиду сірки, діоксиду азоту та двох маркерів озону протягом трьох послідовних годин.

Для виявлення зазначених перевищень 2 перші рядки, що відповідають за час 01:00, 02:00, заповнено нулями.

Розрахунок починається з третьої комірки функцією:

=IFS(OR(R2=1;R3=1);0;OR(E2<ВНП827ч4!\$G\$21;E3<ВНП827ч4!\$G\$21;[@[Діоксид сірки, мкг/куб. м]]<ВНП827ч4!\$G\$21);0;AND(E2>=ВНП827ч4!\$G\$21;E3>=ВНП827ч4!\$G\$21;[@[Діоксид сірки, мкг/куб. м]]>=ВНП827ч4!\$G\$21);1).

Тут для визначення перевищень використовується логіка подвійної перевірки функцією IFS(), яка спочатку перевіряє, чи наявні одиниці у двох попередніх комірках, у цьому ж стовпці, що дає змогу запобігти подвійній індикації, яка може виникнути, якщо перевищення спостерігається протягом 4 чи 5 годин, якщо 1 не виявлено, то відбувається перехід до перевірки наступної умови, яка передбачає аналіз 3 послідовних комірок у цільовому стовпці за час 01:00, 02:00, 03:00. У наступній комірці у другій умові відбувається перевірка годин 02:00, 03:00, 04:00 і так далі.

Таблиця усереднення за 8 годин виконана за даними з таблиці 20-хвилинного усереднення за допомогою функцій, які розроблені для годинного усереднення, але з урахуванням збільшення розміру ковзкого вікна.

Для визначення часу восьмигодинного усереднення функцію для стовпця «Дата та час» було змінено таким чином:

=INDEX(Таблиця1[Дата та час];(ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])-1)*24+1;0).

Відмінністю між функціями є коефіцієнт 24, що відповідає за кількість комірок, на які відбувається крок.

Для стовпців, у заповненні яких бере участь ковзка область виділення, функції змінені таким чином:

=AVERAGE(OFFSET(Таблиця1[#Заголовки];[Тиск, гПа];IF(ROW([@[Дата та час]])>2;(ROW([@[Дата та час]])-2)*24+2;1);0;IF(ROW([@[Дата та час]])>2;24;25);1)).

У цій формулі зміни також стосуються лише розміру ковзкої області виділення та кроку у 24 комірки. А перша комірка в таблиці матиме область підрахунку у 25 комірок.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Дата та час	Вологість, % RH	Тиск, гПа	Температура, °C	Діоксид сірки, мкг/куб. м	Діоксид азоту та оксиди азоту, мкг/куб. м	Бензол, мкг/куб. м	Оксид вуглецю, мкг/куб. м	Свинць, мкг/куб. м	Тверді частки 10, мкг/куб. м	Тверді частки 2,5, мкг/куб. м	Арсен, мкг/куб. м	Кадмій, мкг/куб. м	Нікель, мкг/куб. м	Бенз(а)пірен, мкг/куб. м	Озон, мкг/куб. м	Напрямок вітру
1	01.01.20 00:00	81,00	1019,69	-4,00	37,182	30,470	1,514	2,120	5,990	19,200	14,980	2,780	0,740	11,360	0,001	0,610	1
2	01.01.2020 02:00	90,00	1019,33	-5,00	61,690	31,930	2,260	6,410	0,910	23,950	26,910	1,080	1,390	8,840	0,041	87,760	135
3	01.01.20 04:00	82,00	1019,36	-4,00	37,069	10,700	0,944	7,890	7,460	25,730	5,580	1,980	0,640	5,220	0,117	63,410	45
4	01.01.2020 10:00	85,00	1019,51	-5,00	1,809	25,300	2,805	2,750	4,680	22,210	13,180	0,690	3,100	6,810	0,477	106,260	180
5	01.01.20 12:00	90,00	1019,83	-4,00	18,362	13,420	1,182	5,790	7,680	25,090	21,230	2,280	3,570	13,180	0,162	109,330	-1
6	01.01.2020 14:00	92,00	1019,84	-4,00	3,843	14,280	2,891	3,860	7,820	20,410	15,460	2,610	3,680	5,110	0,569	19,590	180
7	01.01.20 16:00	86,00	1019,86	-4,00	2,164	19,570	2,029	2,940	7,550	12,730	15,760	3,360	3,440	3,480	1,094	96,390	225
8	01.01.2020 20:00	82,00	1019,21	-4,00	0,572	25,310	2,524	10,600	4,100	22,320	32,560	2,520	8,080	9,310	0,179	8,630	90
9	01.01.20 22:00	84,00	1019,58	-5,00	46,314	26,240	2,600	7,490	2,860	21,820	12,000	1,200	3,280	10,990	0,152	37,660	270
10	01.01.2020 30:00	85,00	1019,15	-4,00	49,310	17,600	0,881	9,980	0,910	5,780	11,480	0,940	2,020	8,210	0,065	29,730	-1
11	01.01.20 32:00	81,00	1019,02	-4,00	34,108	26,530	2,207	7,820	7,930	17,130	10,930	0,490	3,310	3,690	0,124	54,620	225
12	01.01.2020 34:00	88,00	1019,39	-5,00	48,694	29,980	1,450	3,600	6,040	11,880	8,380	3,470	0,700	7,600	1,341	18,590	1
13	01.01.20 36:00	86,00	1019,17	-5,00	32,479	25,680	0,179	7,120	1,490	7,770	2,000	5,390	2,420	4,220	0,141	59,370	90
14	01.01.20 38:00	93,00	1019,90	-4,00	47,154	20,920	1,385	2,630	5,910	11,630	2,580	2,610	1,760	34,600	0,146	42,880	45
15	01.01.2020 40:00	92,00	1019,48	-4,00	2,219	15,890	2,577	6,970	1,650	25,220	4,050	1,400	1,960	8,300	0,532	92,340	225
16	01.01.20 42:00	94,00	1019,72	-5,00	43,209	19,300	2,273	3,750	7,470	15,600	12,070	2,590	1,080	10,490	0,337	28,650	225
17	01.01.2020 44:00	84,00	1019,18	-4,00	49,601	16,810	2,524	8,250	1,160	41,050	14,560	0,410	2,570	7,370	0,081	95,440	135

Рис. 3. Таблиця усереднення за 8 годин

Для створення таблиці усереднення за день використано функції, аналогічні до функцій усереднення за годину та за вісім годин:

=INDEX(Таблиця1[Дата та час];IF(ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])>2;(ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])-2)*72+2;ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])-1;0);

=AVERAGE(OFFSET(Таблиця1[#Заголовки];[Вологість, % RH];IF(ROW([@[Дата та час]])>2;(ROW([@[Дата та час]])-2)*72+2;1);0;IF(ROW([@[Дата та час]])>2;72;73);1)).

Відрізняються функції лише коефіцієнтами кроку та розміру ковзкого вікна, що становить 72, і розміру першого вікна, що становить 73.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
	Дата та час	Вологість, % RH	Тиск, гПа	Температура, °C	Діоксид сірки, мкг/куб. м	Діоксид азоту та оксиди азоту, мкг/куб. м	Бензол, мкг/куб. м	Оксид вуглецю, мкг/куб. м	Свинць, мкг/куб. м	Тверді частки 10, мкг/куб. м	Тверді частки 2,5, мкг/куб. м	Арсен, мкг/куб. м	Кадмій, мкг/куб. м	Нікель, мкг/куб. м	Бенз(а)пірен, мкг/куб. м	Озон, мкг/куб. м	Напрямок вітру
1	01.01.2020	87,41	1019,52	-4,49	59,40	20,81	1,80	6,59	5,73	17,69	12,34	1,92	2,48	9,00	0,28	68,41	135,00
2	02.01.2020	86,85	1019,39	-4,50	56,17	21,95	1,81	6,25	4,53	18,05	10,83	2,13	2,25	8,45	0,30	60,18	270,00
3	03.01.2020	87,24	1019,54	-4,49	67,03	23,63	1,65	6,40	4,13	18,31	10,78	1,71	2,05	13,02	0,31	66,89	90,00
4	04.01.2020	88,00	1019,50	-4,56	53,87	21,68	1,54	6,14	4,85	17,98	10,98	2,37	2,32	9,57	0,38	66,03	-1,00
5	05.01.2020	87,04	1019,50	-4,43	80,19	23,86	2,01	6,05	5,68	16,23	9,85	2,08	2,09	9,01	0,36	69,44	1,00
6	06.01.2020	88,06	1019,49	-4,40	56,74	23,12	1,67	7,62	5,12	17,40	9,91	2,02	2,12	8,67	0,33	57,76	135,00
7	07.01.2020	87,32	1019,54	-4,51	68,65	20,68	1,64	6,80	4,75	18,22	11,29	2,17	1,92	8,94	0,38	68,59	135,00
8	08.01.2020	86,75	1019,51	-4,51	85,87	20,83	1,86	6,50	3,90	18,04	10,61	2,02	2,37	11,09	0,35	62,27	315,00
9	09.01.2020	87,36	1019,45	-4,46	95,80	19,80	1,51	6,14	5,41	17,45	10,65	1,83	2,56	8,73	0,38	68,28	450,00
10	10.01.2020	86,64	1019,52	-4,54	67,44	22,16	2,27	6,46	4,50	18,82	11,15	1,94	1,87	9,00	0,35	68,49	315,00
11	11.01.2020	87,42	1019,51	-4,47	53,39	22,40	1,60	6,35	4,51	16,92	10,06	1,94	1,82	8,31	0,40	67,81	315,00
12	12.01.2020	87,96	1019,55	-4,56	48,83	22,04	1,83	6,96	4,82	18,00	10,94	1,85	2,38	7,31	0,32	54,95	1,00
13	13.01.2020	87,07	1019,53	-4,49	69,38	22,21	2,01	6,79	4,18	18,62	10,34	1,96	2,25	11,10	0,38	61,66	1,00
14	14.01.2020	88,49	1019,50	-4,54	82,34	22,03	1,65	6,86	4,99	19,32	9,85	2,17	2,10	8,61	0,34	68,90	270,00
15	15.01.2020	88,10	1019,58	-4,53	51,29	22,48	1,80	6,24	5,34	17,44	10,39	2,29	2,13	9,32	0,40	65,34	1,00
16	16.01.2020	87,44	1019,50	-4,58	63,40	19,96	1,69	6,52	4,09	17,46	10,72	1,99	1,90	11,24	0,34	77,59	450,00

Рис. 4. Таблиця усереднення за добу

Визначення максимальних середньодобових восьмигодинних значень здійснюється подібно до визначення середніх значень за годину, але коренева функція, що визначає остаточне значення, відрізняється.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Дата та час	Вологість % RH	Тиск, гПа	Температ ура, °C	Діоксид сірки, мкг/куб. м	Діоксид азоту та оксиди азоту, мкг/куб. м	Бензол, мкг/куб. м	Оксид вуглецю, мкг/куб. м	Свинць, мкг/куб. м	Тверді частки 10, мкг/куб. м	Тверді частки 2,5, мкг/куб. м	Арсен, мкг/куб. м	Кадмій, мкг/куб. м	Нікель, мкг/куб. м	Бенз(а)пі рен, мкг/куб. м	Озон, мкг/куб.	Напрямок вітру
2	01.01.2020	87,75	1019,53	-4,32	76,94	22,53	1,86	7,42	6,02	18,71	13,50	2,04	2,89	10,00	0,29	74,30	#Н/Д
3	02.01.2020	87,83	1019,44	-4,42	65,15	22,81	1,84	6,53	5,12	18,71	11,44	2,27	2,37	9,87	0,34	68,37	270
4	03.01.2020	87,38	1019,61	-4,38	75,60	27,54	1,84	6,91	4,55	18,65	12,05	1,92	2,32	14,26	0,38	73,62	1
5	04.01.2020	88,42	1019,54	-4,42	94,22	22,07	1,99	6,70	5,08	18,91	11,79	2,75	2,59	11,39	0,41	70,65	#Н/Д
6	05.01.2020	88,00	1019,55	-4,38	98,83	25,50	2,46	6,50	6,71	19,99	11,92	2,30	2,41	12,42	0,41	81,10	#Н/Д
7	06.01.2020	88,71	1019,50	-4,33	63,87	25,00	2,42	7,92	5,80	19,13	10,21	2,11	2,54	9,91	0,40	59,62	#Н/Д
8	07.01.2020	88,21	1019,59	-4,42	93,82	21,48	1,96	7,26	5,33	20,20	13,58	2,43	1,99	9,82	0,49	79,93	#Н/Д
9	08.01.2020	88,08	1019,53	-4,42	106,19	21,05	2,11	6,74	4,02	19,38	11,48	2,33	2,63	13,62	0,42	66,33	#Н/Д
10	09.01.2020	88,04	1019,48	-4,33	119,71	21,84	1,68	6,46	7,10	19,14	11,41	1,88	3,09	10,06	0,41	86,08	#Н/Д
11	10.01.2020	87,42	1019,60	-4,46	90,42	23,98	2,42	6,47	5,18	19,28	12,59	2,07	2,03	10,59	0,36	73,94	315
12	11.01.2020	88,75	1019,57	-4,42	87,21	22,79	1,70	6,69	4,90	18,74	10,30	2,06	2,13	9,28	0,47	71,78	#Н/Д
13	12.01.2020	88,67	1019,66	-4,50	56,34	24,00	2,08	7,29	6,06	18,93	13,63	2,18	2,58	9,46	0,38	59,13	#Н/Д
14	13.01.2020	88,08	1019,60	-4,46	83,21	24,59	2,15	7,46	4,39	20,18	11,49	2,53	2,49	12,78	0,47	63,90	#Н/Д
15	14.01.2020	88,96	1019,66	-4,46	100,59	23,80	1,97	7,33	5,56	22,04	10,82	2,52	2,41	9,63	0,44	82,67	270

Рис. 5. Максимальні середньодобові восьмигодинні значення

Стовпець «Дата та час» визначається тією ж функцією, що і середньодобове значення:

=INDEX(Таблиця1[Дата та час];IF(ROW(Таблиця1[@[Дата та час]]>2;(ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])-2)*72+2;ROW(Таблиця1[@[Дата та час]])-1;0).

А в усіх інших стовпцях, де вимагається знаходження максимального значення за 8 годин, застосовано таку функцію:

=MAX(OFFSET(Таблиця3[Заголовки];[Вологість,
% RH];(ROW([Дата та час])-2)*3+1;0;3;1)).

Функція MAX() знаходить максимальне значення ковшого діапазону з 3 комірок. Оскільки функція звертається до обробленої таблиці за 8 годин, то вже немає потреби робити окрему умову для першого рядка.

Усереднення за місяць є більш складною задачею, оскільки в кожному місці різна кількість днів, а в січні кількість днів відрізняється у високосні роки.

Для створення ковзкої області виділення до вихідного переліку стовпців таблиці додано допоміжні стовпці: «Допоміжний стовпець визначення дати», «Днів у місяці», «Усього днів пройшло з початку спостережень».

Виходячи з початкового припущення, що дані розпочинаються 01.01 об 00:00 будь-якого року, за допомогою функції, що записана в першу комірку стовпця «Днів у місяці», визначається кількість днів у першому місяці з таблиці з денним усередненням:

=DAY(DATE(YEAR(Таблиця2[@[Дата та час]]);MONTH(Таблиця2[@[Дата та час]])+1;1)-1).

Далі значення з першої комірки стовпця «Днів у місяці» записується в першу комірку «Усього днів пройшло з початку спостережень» за допомогою функції:

=\$S2.

Потім визначається останній день місяця, на момент якого відбувається усереднення даних за допомогою функції:

=INDEX(Таблиця2[Усе];[Дата та час];\$T2+1;0).

Функція, що використовується для визначення останнього дня місяця, використовується в подальших комірках таблиці.

Для визначення кількості «Днів у місяці» з другого рядка і до кінця стовпця використовується функція, яка вказує на попередній рядок зі стовпця «Усього днів пройшло з початку спостережень»:

=DAY(DATE(YEAR(INDEX(Таблиця2[Усе];[Дата та час];\$T2+2;0));MONTH(INDEX(Таблиця2[Усе];[Дата та час];\$T2+1;0))+2;1)-1).

Функція дає змогу зсунути виділення комірки дати на кількість рядків, що визначена в першому рядку стовпця «Усього днів пройшло з початку спостережень». Стовпець «Усього днів пройшло з початку спостережень» фактично є лічильником днів, який дає змогу зсувати ковзке вікно виділення для подальших розрахунків, оскільки вказує на рядок завершення попереднього виділення.

Для визначення значення стовпця «Усього днів пройшло з початку спостережень» з другого рядка використовується функція:

=\$T2+\$S3.

Зазначена функція додає значення попереднього рядка цього ж стовпця зі значенням поточного рядка стовпця «Днів у місяці».

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Дата та час	Вологість, % RH	Тиск, гПа	Температура, °C	Діоксид сірки, мкг/куб. м	Діоксид азоту та оксиди азоту, мкг/куб. м	Бензол, мкг/куб. м	Оксид вуглецю, мкг/куб. м	Сви́нець, мкг/куб. м	Тверді частки 10, мкг/куб. м	Тверді частки 2,5, мкг/куб. м	Арсен, мкг/куб. м	Кадмій, мкг/куб. м	Нікель, мкг/куб. м	Бенз(а)пірен, мкг/куб. м	Озон, мкг/куб. м	Напрямок вітру	Допоміжний стовпець визначення дати	Днів у місяці	Усього днів пройшло з початку спостережень
1																				
2	31.01.2020	87,57	1019,50	-4,49	63,37	22,00	1,82	6,45	4,68	18,23	10,49	2,04	2,05	9,44	0,34	65,56	180	31.01.2020	31,00	31,00
3	29.02.2020	87,53	1019,49	-3,50	64,96	22,38	1,82	6,60	4,61	17,94	10,22	2,06	2,06	8,91	0,34	66,69	1	29.02.2020	29,00	60,00
4	31.03.2020	65,03	1019,50	1,50	67,72	21,73	1,78	6,57	4,59	17,83	10,57	2,05	2,13	8,85	0,34	65,84	90	31.03.2020	31,00	91,00
5	30.04.2020	65,07	1019,49	9,00	66,23	21,94	1,83	6,57	4,62	17,93	10,55	2,09	2,11	9,32	0,34	66,26	-1	30.04.2020	30,00	121,00
6	31.05.2020	65,05	1019,51	15,00	58,59	21,75	1,82	6,52	4,65	17,97	10,42	2,03	2,14	8,94	0,34	65,92	270	31.05.2020	31,00	152,00
7	30.06.2020	47,98	1019,50	18,50	63,63	21,79	1,86	6,59	4,70	17,80	10,42	2,02	2,11	8,69	0,33	67,05	225	30.06.2020	30,00	182,00
8	31.07.2020	48,06	1019,51	19,50	68,19	22,14	1,83	6,53	4,63	17,75	10,33	2,04	2,11	9,52	0,34	65,25	180	31.07.2020	31,00	213,00
9	31.08.2020	48,01	1019,51	18,50	66,33	22,01	1,77	6,48	4,74	17,98	10,49	2,06	2,12	9,17	0,34	65,74	270	31.08.2020	31,00	244,00
10	30.09.2020	65,07	1019,49	13,51	65,76	21,94	1,86	6,66	4,60	18,11	10,29	2,07	2,13	9,08	0,34	66,39	1	30.09.2020	30,00	274,00
11	31.10.2020	64,94	1019,50	7,50	61,08	21,89	1,84	6,61	4,65	17,96	10,37	2,07	2,06	9,01	0,33	64,51	270	31.10.2020	31,00	305,00
12	30.11.2020	64,99	1019,51	1,47	68,56	22,08	1,79	6,62	4,62	18,00	10,49	2,08	2,12	9,48	0,35	67,36	1	30.11.2020	30,00	335,00

Рис. 6. Середні місячні значення

Потім для заповнення таблиці стовпець «Дати та час» копіюється з «Допоміжний стовпець визначення дати» за допомогою функції:

=R2.

Значення усереднення та моди в інших стовпцях таблиці визначається майже аналогічно, як і в попередніх таблицях, з однією відмінністю: розмір виділення ковзкої області визначається з комірки стовпця «Днів у місяці», а значення початку виділення отримується з комірки попереднього рядка стовпця «Усього днів пройшло з початку спостережень». Типова функція має такий вигляд:

=AVERAGE(OFFSET(Таблиця2[Заголовки];[Вологість, % RH];IF(ROW([Дата та час])>\$T1+1;1;0;\$S2;1)).

Таблиця усереднення за рік визначається за таблицею усереднення за місяць, оскільки місяців у кожному році дванадцять, то тут немає зайвого рядка даних, який потрібно враховувати під час роботи з вихідною таблицею, тому ковзка область виділення зсувається на 12 рядків середньомісячної таблиці кожен рядок поточної таблиці.

Для визначення дати останнього дня року використовується функція:

=INDEX(Таблиця6[Дата та час];(ROW([Напрямок вітру])-1)*12;0).

Для розрахунку середнього значення використовується така типова функція:

=AVERAGE(OFFSET(Таблиця6[Заголовки];[Вологість, % RH];(ROW([Дата та час])-2)*12+1;0;12;1)).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Дата та час	Вологість, % RH	Тиск, гПа	Температура, °C	Діоксид сірки, мкг/куб. м	Діоксид азоту та оксиди азоту, мкг/куб. м	Бензол, мкг/куб. м	Оксид вуглецю, мкг/куб. м	Сви́нець, мкг/куб. м	Тверді частки 10, мкг/куб. м	Тверді частки 2,5, мкг/куб. м	Арсен, мкг/куб. м	Кадмій, мкг/куб. м	Нікель, мкг/куб. м	Бенз(а)пірен, мкг/куб. м	Озон, мкг/куб. м	Напрямок вітру	Допоміжний стовпець визначення дати	Днів у місяці	Усього днів пройшло з початку спостережень
1																				
2	31.01.2020	87,57	1019,50	-4,49	63,37	22,00	1,82	6,45	4,68	18,23	10,49	2,04	2,05	9,44	0,34	65,56	180	31.01.2020	31,00	31,00
3	29.02.2020	87,53	1019,49	-3,50	64,96	22,38	1,82	6,60	4,61	17,94	10,22	2,06	2,06	8,91	0,34	66,69	1	29.02.2020	29,00	60,00
4	31.03.2020	65,03	1019,50	1,50	67,72	21,73	1,78	6,57	4,59	17,83	10,57	2,05	2,13	8,85	0,34	65,84	90	31.03.2020	31,00	91,00
5	30.04.2020	65,07	1019,49	9,00	66,23	21,94	1,83	6,57	4,62	17,93	10,55	2,09	2,11	9,32	0,34	66,26	-1	30.04.2020	30,00	121,00
6	31.05.2020	65,05	1019,51	15,00	58,59	21,75	1,82	6,52	4,65	17,97	10,42	2,03	2,14	8,94	0,34	65,92	270	31.05.2020	31,00	152,00
7	30.06.2020	47,98	1019,50	18,50	63,63	21,79	1,86	6,59	4,70	17,80	10,42	2,02	2,11	8,69	0,33	67,05	225	30.06.2020	30,00	182,00
8	31.07.2020	48,06	1019,51	19,50	68,19	22,14	1,83	6,53	4,63	17,75	10,33	2,04	2,11	9,52	0,34	65,25	180	31.07.2020	31,00	213,00
9	31.08.2020	48,01	1019,51	18,50	66,33	22,01	1,77	6,48	4,74	17,98	10,49	2,06	2,12	9,17	0,34	65,74	270	31.08.2020	31,00	244,00
10	30.09.2020	65,07	1019,49	13,51	65,76	21,94	1,86	6,66	4,60	18,11	10,29	2,07	2,13	9,08	0,34	66,39	1	30.09.2020	30,00	274,00
11	31.10.2020	64,94	1019,50	7,50	61,08	21,89	1,84	6,61	4,65	17,96	10,37	2,07	2,06	9,01	0,33	64,51	270	31.10.2020	31,00	305,00
12	30.11.2020	64,99	1019,51	1,47	68,56	22,08	1,79	6,62	4,62	18,00	10,49	2,08	2,12	9,48	0,35	67,36	1	30.11.2020	30,00	335,00

Рис. 7. Середньорічні значення

Частини звіту розподілені відповідно до пунктів Додатку 2 до Порядку здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря.

Перша частина звіту про підрахунок кількості перевищень встановлених нормативів формується за пунктом 2 Додатку 2 до Порядку під назвою «Верхній та нижній порого оцінювання».

Аркуш звіту умовно поділений на 3 стовпці: «Діапазон оцінювання», «Забруднювач», «Нормативи».

У звіті передбачено 4 типи задання діапазону оцінювання за датами: за дні, за години, за роки, за 8 годин. Для задання необхідного діапазону оцінювання потрібно вписати у комірках стовпця «Діапазон оцінювання» дату й час у форматі та з обмеженнями:

1) за годинного аналізу:

– початкова дата та час для поточного датасету: 01.01.2020 1:00:00;

- кінцева дата та час: в межах поточного датасету з кроком у годину (2:00:00, 3:00:00);
- початкова дата для будь-якого датасету виходячи з вихідного припущення 01.01 (будь-якого року від 1900 до 9999) 1:00:00;
- 2) за восьмигодинного аналізу:
 - початкова дата та час для поточного датасету: 01.01.2020 8:00:00;
 - кінцева дата та час: у межах поточного датасету з кроком у вісім годин (0:00:00, 16:00:00);
 - початкова дата для будь-якого датасету виходячи з вихідного припущення 01.01 (будь-якого року від 1900 до 9999) 8:00:00;
- 3) у разі аналізу за дні:
 - початкова дата для поточного датасету: 01.01.2020;
 - кінцева дата: у межах поточного датасету з кроком у день (02.03.2020, 02.03.2023);
 - початкова дата для будь-якого датасету виходячи з вихідного припущення 01.01 (будь-якого року від 1900 до 9999);
- 4) у разі аналізу за роки:
 - початкова дата для поточного датасету: 31.12.2020;
 - кінцева дата: у межах поточного датасету з кроком у рік (31.12.2021, 31.12.2023);
 - початкова дата для будь-якого датасету виходячи з вихідного припущення 31.12 (будь-якого року від 1900 до 9999).

Для можливості зміни контрольних значень нормативів, за якими відбувається підрахунок перевищень у таблиці, а також для підсвітки підрахованої кількості перевищень, що більше за допустиму, використовується умовне кольорове форматування, яке реалізується функцією:

=E\$4>=\$J\$4,

до комірки =E\$4. Аналогічне форматування застосоване до всіх комірок, які передбачають порівняння кількості допустимих перевищень із виявленими.

Підрахунок кількості перевищень здійснюється типовою функцією:

=COUNTIF(OFFSET(Таблиця2[Діоксид сірки, мкг/куб. м];XMATCH(A3;Таблиця2[Дата та час])+1-2;0;XMATCH(B3;Таблиця2[Дата та час])+1-XMATCH(A3;Таблиця2[Дата та час]);1);">="&\$I\$3).

Особливістю функції у застосуванні до інших комірок є заміна адрес, що вказують на нормативи, діапазон цільових дат, а також вказання на таблицю усереднення, з якої здійснюється підрахунок перевищень. Подана функція підраховує кількість перевищень у стовпці «Діоксид сірки, мкг/куб. м» таблиці усереднення за день.

Функція для розрахунку перевищень дещо подібна до функцій усереднення та базується на ковзкій області виділення. Для задання відступу від початку цільової таблиці усереднення використовується функція:

XMATCH(A3;Таблиця2[Дата та час])+1-2,

що повертає кількість рядків від початку таблиці до початку діапазону аналізу. Висота ковзкого виділення визначається функцією:

XMATCH(B3;Таблиця2[Дата та час])+1-XMATCH(A3;Таблиця2[Дата та час]),

яка повертає різницю рядків між кінцем діапазону оцінювання та його початком.

Функція COUNTIF() дає змогу підрахувати кількість рядків, що перевищують норматив, указаний у комірку \$I\$3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Діапазон оцінювання				Забруднювач						Нормативи	
2	З	По			Охорона здоров'я, кількість перевищень	Захист рослинності, кількість перевищень			Охорона здоров'я, мкг/куб. м	Допустимо перевищень	Захист рослинності, мкг/куб. м	Допустимо перевищень
3	01.01.2020	31.12.2020	Діоксид сірки		80	366			75	3	12	–
4			Верхній поріг оцінювання		293	366			50	3	8	–
5			Нижній поріг оцінювання									
6	З	По	Діоксид азоту та оксиди азоту		Щоденна гранична величина для захисту здоров'я людини				Щоденна гранична величина для захисту здоров'я людини, мкг/куб. м	Допустимо перевищень		
7	01.01.20 1:00	01.05.20 1:00	Верхній поріг оцінювання		0				140	18		
8			Нижній поріг оцінювання		0				100	18		
9												
10	З	По	Діоксид азоту та оксиди азоту		Щорічна гранична величина для захисту здоров'я людини	Щорічний критичний рівень для захисту рослинної та природної екосистем			Щорічна гранична величина для захисту здоров'я людини, мкг/куб. м	Допустимо перевищень	Щорічний критичний рівень для захисту рослинної та природної екосистем, мкг/куб. м	Допустимо перевищень
11	31.12.2020	31.12.2023	Верхній поріг оцінювання		0	0			32	–	24	–
12			Нижній поріг оцінювання		0	4			26	–	19,5	–
13												

Рис. 8. Перша частина звіту

Друга частина звіту про підрахунок кількості перевищень граничних величин встановлених нормативів формується за пунктом 3 Додатку 2 до Порядку під назвою «Граничні величини забруднювальних речовин», а третя частина – за пунктом 4 під назвою «Інші рівні забруднювальних речовин, за якими проводиться оцінка якості атмосферного повітря».

У частині простого підрахунку кількості перевищень відносно встановленого нормативу в таблиці за певний період усереднення створені функції працюють так само, як і в першій частині звіту.

Відрізнятися у функціях буде підрахунок перевищень, що мають спостерігатися протягом послідовних трьох годин. Для цього посилання у функції йде не на цільовий стовпець таблиці з годинним усередненням, а на допоміжний стовпець цієї таблиці за цим маркером. Приклад функції для підрахунку перевищень діоксиду сірки протягом трьох послідовних годин рівня 500 мкг/куб.:

=COUNTIF(OFFSET(Таблиця4[Допоміжний стовпець для розрахунку перевищень діоксиду сірки ВП827ч4];XMATCH(A24;Таблиця4[Дата та час])+1-2;0;XMATCH(B24;Таблиця4[Дата та час])+1-XMATCH(A24;Таблиця4[Дата та час]);1);">"&1).

У цій функції немає посилання безпосередньо на рівень, встановлений у нормативі, адже він використовується у формулі для визначення значення допоміжного стовпця, а порівняння здійснюється відносно 1 або 0.

23	З	По	Діоксид сірки	Три послідовні години	Одна година, мкг/куб. м	Допустимо перевищень
24	01.01.20 1:00	01.05.20 1:00	Кількість перевищень	0	500	–
25						
26	З	По	Діоксид азоту	Три послідовні години	Одна година, мкг/куб. м	Допустимо перевищень
27	01.01.20 1:00	01.05.20 1:00	Кількість перевищень	0	400	–
28						
29	З	По	Озон	Три послідовні години	Одна година, мкг/куб. м	Допустимо перевищень
30	01.01.20 1:00	01.05.20 1:00	Кількість перевищень	0	240	–
31						
32	З	По	Озон-інформування	Три послідовні години	Одна година, мкг/куб. м	Допустимо перевищень
33	01.01.20 1:00	01.05.20 1:00	Кількість перевищень	0	180	–

Рис. 9. Підрахунок маркерів за три послідовні години

Висновки

Під час проведення дослідження було розроблено метод підрахунку ключових екологічних маркерів для автоматичного формування звітності за постановою № 827 КМУ. Метод базується на основі використання ковзкої області виділення комірок і припущення, що датасет починається з 01.01 0:00:00. За допомогою методу можна підраховувати кількість перевищень екологічних маркерів за заданий діапазон часу в межах датасету з різним діапазоном усереднення й урахуванням перевищень нормативів протягом трьох послідовних годин.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше розроблено метод підрахунку ключових екологічних маркерів для автоматичного формування звітності за постановою № 827 КМУ, що базується на основі використання ковзкої області виділення комірок і припущення, що датасет починається з 01.01 0:00:00.

Практичним значенням проведеного дослідження є те, що оператор з НДЦ може замінити генеровані дані у вихідній 20-хвилинній таблиці Excel на архівні дані з конкретної станції, вибрати потрібний проміжок часу аналізу перевищень та на виході отримати підраховану кількість перевищень маркерами атмосферного повітря встановлених нормативів, що значно спростить процес аналізу даних.

У подальших дослідженнях планується створення інформаційної системи для збирання, обробки та збереження даних зі станцій EcoCity, що дасть змогу реалізувати систему нижчого рівня екологічного моніторингу, яку можна буде використовувати для виявлення й передбачення надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

Література

- Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-п#Text> (дата звернення: 23.10.2023).
- DOAJ. Directory Of Open Access Journals. URL: <https://doaj.org/> (дата звернення: 23.10.2023).
- ScienceDirect. Search for peer-reviewed journal articles and book chapters (including open access content). URL: <https://www.sciencedirect.com/> (дата звернення: 23.10.2023).
- Crossref. Search the metadata of journal articles, books, standards, datasets & more. URL: <https://search.crossref.org/> (дата звернення: 23.10.2023).
- Google Scholar. URL: <https://scholar.google.com/> (дата звернення: 23.10.2023).

6. DuckDuckGo. URL: <https://duckduckgo.com/> (дата звернення: 23.10.2023).

7. Коростельов А. С., Гученко М. І., Перекрест А. Л., Нікітіна А. В., Вадурін К. О. Модель корпоративної мережі базованої на технологіях інтернету речей підприємства з екологічних досліджень. Системи управління, навігації та зв'язку. 2023. Т. 3. № 73. С. 111–114. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.3.111>.

References

1. *Deiaki pytannia zdiisnennia derzhavnoho monitorynu v haluzi okhorony atmosferoho povitria. Ofitsiyni vebportal parlamentu Ukrainy* [Some issues of state monitoring in the field of atmospheric air protection. Official web portal of the Parliament of Ukraine]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-p#Text> [in Ukrainian].

2. DOAJ. *Directory Of Open Access Journals*. Retrieved from: <https://doaj.org/> [in English].

3. ScienceDirect. *Search for peer-reviewed journal articles and book chapters (including open access content)*. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/> [in English].

4. Crossref. *Search the metadata of journal articles, books, standards, datasets & more*. Retrieved from: <https://search.crossref.org/> [in English].

5. Google Scholar. Retrieved from: <https://scholar.google.com/> [in English].

6. DuckDuckGo. Retrieved from: <https://duckduckgo.com/> [in English].

7. Korostelov, A., Guchenko, M., Perest, A., Nikitina, A., & Vadurin, K. (2023). *Model korporatyvnoi merezhi bazovanoi na tekhnolohiiakh internetu rechei pidpriemstva z ekolohichnykh doslidzhen* [A model of a corporate network based on iot technologies of an environmental research enterprise]. Control, Navigation and Communication Systems. 3 (73), 111—114. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2023.3.111> [in Ukrainian].