

— по механизму присоединения. Поэтому, пока в системе имеется непрореагировавший с озоном фенол, концентрация хинона меняется незначительно, при этом общее значение данной концентрации сравнительно низкое — порядка 2...3 мг/л. Это объясняется невысокой скоростью реакции озона с фенолом по радикальному механизму, и высокой скоростью реакции образовавшегося хинона с озоном по механизму присоединения. После деструкции всего фенола в растворе концентрация хинона также становится равной нулю, что подтверждается спектрами, представленными на рисунке 5.

При обработке раствора красителя «Хромовый темно-синий» озоном, в отличие от фенолов, наблюдается другая зависимость концентрации хинонов от удельной дозы озона. Согласно вышеприведенному уравнению взаимодействия данного красителя с озоном в первую очередь озон присоединяется к азосвязи красителя ($—N=N—$), поскольку она является наиболее реакционноспособной в данной молекуле по отношению к озону, при этом в системе накапливается в значительных количествах замещенный нитрозоафтохинон. После деструкции всего красителя, находящегося в системе, озон начинает преимущественно взаимодействовать с образовавшимся нитрозоафтохиноном, и поскольку он имеет большую молекулярную массу, довольно небольшое приращение удельной дозы озона приводит к полной деструкции нитрозоафтохинона в системе. Это объясняет тренд зависимости 2 на рисунке 10.

Заключение. Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. В процессе озонирования растворов, содержащих фенолы и другие замещенные ароматические соединения, хиноны могут образовываться на начальных стадиях процесса и в сравнительно небольших количествах, поскольку они, также как и исходные вещества, интенсивно взаимодействуют с озоном, что приводит к образованию алифатических окислительных нециклического строения.
2. Механизм образования и разрушения хинонов в процессе озонирования зависит от химического строения исходного ароматического соединения, из которого хинон образуется. При озонировании фенолов в водных растворах хиноны образуются в результате реакции с озоном по радикальному механизму, скорость которой значительно ниже по сравнению с реакцией присоединения озона по двойным связям. Образующийся в результате реакции хинон, в отличие от исходного фенола, взаимодействует с озоном по механизму присоединения, поэтому он является промежуточным продуктом при окислении фенолов в водных растворах с помощью озона.

3. При обработке сточных вод, содержащих органические красители, озон в первую очередь взаимодействует с хромофорной системой красителя, имеющей в своей основе систему сопряженных двойных связей. В результате, как было показано на примере красителя «Хромовый темно-синий», в продуктах реакции могут накапливаться хиноны, однако после того, как хромофорная система красителя с двойными связями под воздействием озона разрушается, образовавшиеся хиноны, также содержащиеся в своих молекулах двойные связи, начинают преимущественно реагировать с озоном и быстро исчезают из системы.
4. Сточные воды текстильных предприятий могут содержать ароматические соединения, являющиеся источником образования хинонов в процессе озонирования. Выполненные исследования позволяют сделать вывод о том, что при дозах озона, достаточных для разрушения всех находящихся в сточных водах ароматических соединений, хиноны также гарантированно разрушаются.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каштанов, Л.И. Окисление фенола озоном / Л.И. Каштанов, О.Н. Олещук // Журнал общей химии. — 1937. — № 7. — С. 1413–1414.
2. Разумовский, С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков. — М.: Наука, 1974. — 324 с.
3. Каплин, В.Т. Механизм окисления фенола озоном / В.Т. Каплин, Е.И. Перельштейн, Н.Г. Фесенко // Гидрохимические материалы. — 1966. — № 42. — С. 274–276.
4. Разумовский, С.Д. Особенности взаимодействия озона с фенолом / С.Д. Разумовский, Г.М. Глобенко, Г.А. Никифоров [и др.] // Нефтехимия. — 1972. — № 12. — С. 376–379.
5. Житенев, Б.Н. Спектрометрические исследования влияния дозы озона на степень деструкции красителей в водных растворах / Б.Н. Житенев, С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2012. — № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геозология. — С. 26–32.
6. Лурье, Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. — М.: Химия, 1984. — 447 с.
7. Белов, С.Г. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2011. — № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геозология. — С. 73–81.
8. Белов, С.Г. Определение глубины деструкции органических соединений методом УФ-спектрометрии / С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2013. — № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геозология. — С. 46–50.

Материал поступил в редакцию 02.06.15

BELOV S.G., NAUMCHIK G.O. Research of formation and destruction of quinones in the process of ozonation of waste water at textile plants

The article is dedicated to the problem of formation of quinones in the waste water ozonation process. These water contains phenols, dye stuff and other aromatic compounds. It has been cleared up that in the phase of phenol ozonation the quantity of quinone formed is little, and with a definite specific ozone dose quinone can't be traced in the ozonation products. The above-mentioned results can be proved either by a characteristic reaction with benzenesulfinic acid, or by spectrometric research. It was also found that quinones themselves relatively easily destroyed by ozone, so when administered a sufficient dose of ozone their appearance in waste waters is eliminated. Unlike phenol, the organic dye reacts with ozone in the first place, which leads to a certain accumulation of quinones in the reaction mixture at low dosages ozone. But after the whole dye stuff has been destroyed, ozone starts reacting to formed quinones, which actually comes to their complete destruction in the reaction mixture. That is why in order to conduct the process of ozonation of waste water containing aromatic compounds in the right way, it is very essential to select the correct dose of ozone with the purpose not to let quinones appear in ozonated waste water.

УДК 551.5(476)

Волчек А.А., Шпока И.Н., Шпока Д.А.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВТОРЯЕМОСТИ ГОЛОЛЕДНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Введение

Гололед — слой плотного льда, образующийся на земной поверхности и на предметах при намерзании переохлажденных капель

дождя и тумана [1]. Иногда гололед становится причиной обрушения крыш, линий электропередач. При проектировании, возведении и эксплуатации зданий, сооружений следует учитывать нагрузки на

Шпока И.Н., к.г.н., доцент, доцент кафедры природоустройства Брестского государственного технического университета.

Шпока Д.А., студентка Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

строительные конструкции, отличающиеся от традиционных. Гололед может привести к нарушению работы автомобильного и авиационного транспорта. Под воздействием гололеда или гололедицы происходит скручивание, провисание, вибрация и обрывы проводов на воздушных линиях связи и электропередачи, иногда поломка опор. Гололед может привести к повреждению озимых культур, если он сохраняется на растениях в течение длительного времени.

В качестве примера можно привести события, наблюдавшиеся в декабре 1984 г., когда территория нынешней Беларуси находилась на западной периферии активного антициклона с центром над южным Уралом, по периферии которого через западные районы проходил малоподвижный фронтальный раздел, ориентированный с севера на юг. Во второй половине дня 21.12.1984 г. в Сморгонском и Ошмянском районах Гродненской области отмечался гололед, с диаметром отложения льда от 32–35 до 50–52 мм. Из-за гололеда в результате большой нагрузки сломано 16 опор и наблюдался обрыв проводов. По данным метеостанции Новогрудок, 23 декабря с 19 ч 30 мин до 13 ч 24 декабря наблюдалось очень сложное отложение льда. Толщина отложения достигла 37 мм. Продолжительность нарастания – 17 ч 30 мин. Это вызвало около 50 обрывов проводов и сломано 11 опор электро- и радиопередач [2].

Целью настоящей работы является анализ пространственно-временных изменений количества дней с гололедом на территории Беларуси в современных условиях.

Исходные данные и методы исследования. Основными исходными материалами при исследовании пространственно-временных изменений числа дней с гололедными явлениями на территории Беларуси послужили среднемесячные данные метеорологических ежемесячников климатического кадастра ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по 47 метеорологическим станциям за период с 1975 по 2012 гг. и статистические материалы сборника «Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси» [3, 4].

Для оценки влияния современного потепления на количество дней с гололедом исходные данные были разбиты на 3 периода: 1975–1987 гг., 1988–1999, 2000–2012 гг. Такое деление связано с тем, что с 1988 г. на территории Беларуси наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха. Значительный рост температуры, особенно в холодный период года (октябрь–март), отмечается начиная с 1988 года. Самым теплым считается 1989 г., затем идет 2000 и 2007, 2012 гг. [5, 6].

Для этих периодов определялись средние значения числа дней в году с гололедом и сравнивались их различия с помощью *t*-критерия Стьюдента. Динамика временных рядов исследовалась с помощью математико-статистического метода.

Среднее значение числа дней с гололедом для выборочной совокупности данных (n_1, n_2, \dots, n_k) определяется по формуле:

$$\bar{N} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k n_i \quad (1)$$

Для получения обеспеченных величин числа дней с гололедом использовано распределение Пирсона III типа:

$$N_{p\%} = \bar{N} \cdot (\Phi_{p\%} \cdot C_v + 1), \quad (2)$$

где $N_{p\%}$ – число дней с гололедом расчетной обеспеченности; \bar{N} – среднее число дней с гололедом; $\Phi_{p\%}$ – число Фостера расчетной обеспеченности; C_v – коэффициент вариации.

Коэффициент вариации

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{N}} \quad (3)$$

Стандартное отклонение (σ) есть корень квадратный из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (n_i - \bar{N})^2} \quad (4)$$

Линейные тренды, описывающие тенденции в изменении числа гололеда в году, имеют вид:

$$n_t = n_0 + \Delta n \cdot t, \quad (5)$$

где n_t – количество дней с гололедом в *t*-ом году; n_0 число дней с гололедом на начало расчетного периода; Δn – градиент изменения числа дней с гололедом; *t* – текущая координата времени.

Распределение Фишера (*F*):

$$F = \frac{\bar{\sigma}_x^2}{\bar{\sigma}_y^2}, \quad (6)$$

где \bar{x} , \bar{y} – выборочные средние; σ_x^2 и σ_y^2 – выборочные дисперсии; n_x и n_y – объемы выборок.

Трансформация количества дней с гололедом оценивалась по результатам анализа графиков хронологического годового хода, разностных интегральных кривых и линейных трендов.

Пространственная изменчивость количества дней с гололедом оценивалась с помощью картографирования.

Обсуждение результатов. Гололед образуется в результате адвекции теплого и влажного воздуха. Различают внутримассовый и фронтальный гололед. Благоприятные условия для образования внутримассового гололеда создаются тогда, когда достаточно мощная слоистая облачность располагается не только под инверсией, но и в самом слое инверсии, а температура в слое инверсии доходит до положительных значений. Внутримассовый гололед образуется при температурах от 0 до –10 °С, фронтальный гололед – от 2 до –16 °С. Образование гололеда в интервале температур от 0 до –10 °С наблюдается при дефиците точки росы ($T-T_d$)=1–2 °С, в интервале от –11 до –12 °С при ($T-T_d$)=2–3 °С [6]. Фронтальный гололед, как правило, наблюдается перед теплым фронтом, в зоне выпадения переохлажденного дождя, преимущественно при движении циклонов с юга. Значительные контрасты температуры между воздушными массами по обе стороны фронта являются главной особенностью фронтального гололеда.

Гололед чаще всего возникает при южных, юго-западных и западных ветрах, вдоль водных объектов – при ветрах со стороны незамерзших водоемов.

Пространственные особенности распространения гололеда представлены на рисунке 1. Гололед чаще всего наблюдается на юге Витебской области, в центральной части Брестской, Минской, Могилевской и на востоке Гродненской области. На территории Гомельской области гололед отмечается реже, чем в других областях. Чаще всего гололед отмечается на возвышенных территориях (Новогрудская, Минская, Оршанская возвышенности, Мозырская и Свентянская гряды).

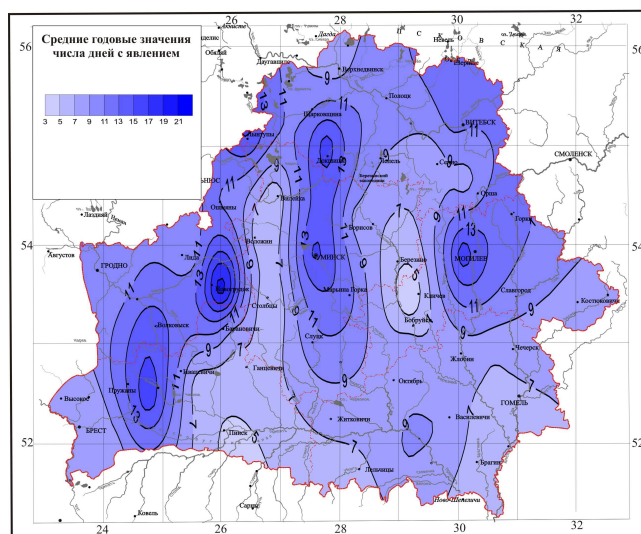


Рис. 1. Пространственное распределение среднего годового числа дней с гололедом на территории Беларуси (1975–2012)

Таблица 1. Основные статистические параметры числа дней с гололедом

Метеостанции	Среднее за период				Cv	Обеспеченность, %					
	1975–2012	1975-1987	1988-1999	2000-2012		1	5	10	20	30	50
Верхнедвинск	6,9	4,9	6,4	9,2	0,53	15,2	12,8	11,5	9,9	8,7	6,9
Езерице	12,2	10,2	11,2	15,1	0,40	23,5	20,2	18,5	16,3	14,6	12,2
Полоцк	11,0	8,5	13,2	11,4	0,38	20,4	17,7	16,2	14,4	13,0	11,0
Шарковщина	9,5	8,3	10,3	10,1	0,33	16,8	14,7	13,6	12,2	11,1	9,5
Витебск	12,2	12,3	9,9	14,1	0,42	23,9	20,5	18,7	16,5	14,7	12,2
Лынтупы	16,0	16,7	16,3	14,9	0,34	28,3	24,8	22,8	20,5	18,7	16,0
Лепель	9,7	8,5	9,8	10,8	0,40	18,5	16,0	14,6	12,9	11,6	9,7
Докшицы	16,4	15,8	17,6	15,8	0,37	30,4	26,4	24,2	21,5	19,4	16,4
Сенно	7,7	5,4	8,3	9,5	0,53	17,1	14,4	12,9	11,1	9,7	7,7
Березинский заповедник	9,3	7,3	12,3	8,4	0,51	20,1	17,0	15,3	13,2	11,6	9,3
Орша	8,0	6,1	7,3	10,6	0,58	18,6	15,6	13,9	11,9	10,3	8,0
Вилейка	5,4	7,5	5,9	2,8	0,67	13,6	11,3	10,0	8,4	7,2	5,4
Борисов	8,3	8,8	7,3	8,8	0,47	17,3	14,7	13,3	11,6	10,3	8,3
Воложин	5,1	6,3	4,2	4,6	0,88	15,3	12,4	10,8	8,8	7,3	5,1
Минск	15,9	15,3	17,7	14,8	0,35	28,8	25,1	23,1	20,6	18,7	15,9
Колодищи	13,1	8,6	16,1	14,8	0,63	32,1	26,6	23,7	20,0	17,2	13,1
Березино	8,6	10,6	8,8	6,5	0,52	19,0	16,0	14,4	12,4	10,9	8,6
Марьино Горка	12,1	9,7	14,3	12,6	0,39	23,0	19,9	18,2	16,1	14,5	12,1
Столбцы	4,7	3,9	5,1	5,1	0,83	13,6	11,0	9,6	7,9	6,6	4,7
Слуцк	10,2	9,2	10,8	10,7	0,47	21,3	18,2	16,4	14,3	12,7	10,2
Ошмяны	10,5	8,8	11,4	11,3	0,48	22,2	18,8	17,0	14,8	13,0	10,5
Лида	9,4	5,9	11,3	11,2	0,47	19,7	16,7	15,1	13,2	11,7	9,4
Гродно	9,5	5,5	12,5	10,7	0,65	23,7	19,6	17,4	14,7	12,6	9,5
Новогрудок	21,7	22,9	23,1	19,2	0,46	44,4	37,9	34,3	30,0	26,6	21,7
Волковыск	14,7	11,0	16,3	17,0	0,37	27,4	23,8	21,8	19,4	17,5	14,7
Горки	12,3	12,6	11,3	12,8	0,39	23,3	20,2	18,4	16,3	14,7	12,3
Могилев	16,3	20,5	14,3	14,1	0,45	33,1	28,3	25,7	22,5	20,0	16,3
Кличев	2,8	2,6	2,5	3,2	0,83	8,1	6,6	5,8	4,7	3,9	2,8
Славгород	5,3	3,2	4,1	8,4	0,92	16,4	13,2	11,5	9,3	7,7	5,3
Костюковичи	8,5	6,4	9,2	9,9	0,51	18,3	15,5	14,0	12,1	10,6	8,5
Бобруйск	8,5	9,6	7,8	8,1	0,56	19,6	16,4	14,7	12,6	10,9	8,5
Барановичи	7,9	6,4	10,2	7,4	0,43	15,7	13,5	12,3	10,8	9,6	7,9
Ганцевичи	6,8	5,5	7,2	7,8	0,53	15,1	12,7	11,4	9,8	8,6	6,8
Ивацевичи	5,8	2,9	6,5	8,1	0,62	14,1	11,7	10,4	8,8	7,6	5,8
Пружаны	16,6	13,6	16,2	20,0	0,46	34,1	29,1	26,3	23,0	20,4	16,6
Высокое	12,9	13,2	11,2	14,2	0,38	24,3	21,0	19,2	17,1	15,4	12,9
Полесская, болотная	5,5	2,4	8,0	6,3	0,89	16,7	13,5	11,7	9,6	7,9	5,5
Пинск	4,3	3,8	3,7	5,4	0,97	13,9	11,2	9,7	7,8	6,4	4,3
Брест	6,9	7,2	5,2	8,3	0,61	16,6	13,8	12,3	10,4	9,0	6,9
Жлобин	7,0	6,2	5,8	8,8	0,55	15,9	13,3	11,9	10,2	8,9	7,0
Октябрь	8,2	6,2	9,3	9,2	0,44	16,6	14,2	12,9	11,3	10,0	8,2
Гомель	6,3	7,2	5,8	5,7	0,61	15,1	12,6	11,2	9,5	8,2	6,3
Василевичи	9,2	7,5	9,3	10,7	0,48	19,3	16,4	14,8	12,9	11,4	9,2
Житковичи	7,2	7,1	6,7	7,8	0,54	16,2	13,6	12,2	10,5	9,2	7,2
Мозырь	9,2	7,7	8,7	11,2	0,53	20,5	17,2	15,5	13,3	11,7	9,2
Лельчицы	6,0	5,8	4,9	7,2	0,87	17,9	14,5	12,6	10,3	8,6	6,0
Брагин	6,8	4,6	6,9	8,8	0,72	18,0	14,8	13,0	10,9	9,2	6,8
Среднее	9,5	8,5	9,8	10,3	0,5	20,5	17,3	15,6	13,5	11,9	9,5

Временная изменчивость гололедных образований показана на рисунках 2–3. Минимум гололедных явлений приходился на 80-е годы XX в., максимум – на вторую половину 70-х годов и 90-х гг. XX в. (1997–2012), в последнее время (с 2010 г.) отмечается уменьшение количества дней с гололедом. Рост числа дней с гололедом совпадает с годами, когда отмечался рост среднегодовой температуры воздуха (1989, 2000 и 2007 гг.) (рисунок 3) [7].

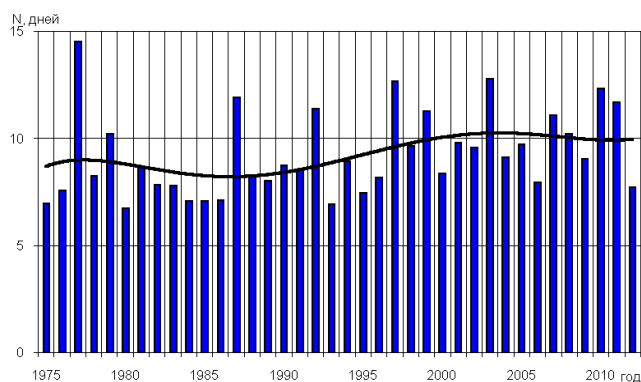


Рис. 2. Хронологически ход средних годовых значений количества дней с гололедом на территории Беларуси за период с 1975 по 2012 гг.

Как показал анализ, за 38 лет на территории Беларуси отмечается в среднем 9,5 дней с гололедом. С 1975 по 1987 гг. отмечалось в среднем за год около 8,5 дней, а в 2000–2012 гг. – около 10 дней. В период современного потепления далеко не на всех метеорологических станциях отмечается рост числа дней с гололедом. Так, на метеорологических станциях Лынтупы, Вилейка, Воложин, Минск, Березино, Новогрудок, Могилев, Бобруйск, Гомель отмечается некоторое уменьшение числа дней с гололедом (таблица 1).

Годовой ход гололедных явлений представлен на рисунке 4. Гололед на территории Беларуси отмечается ежегодно с ноября по февраль. В ноябре в среднем отмечается около 1,2 дня с гололедом, в декабре – 3,1 дня, январе – 2,1 дня, феврале – 1,4 дня. Гололед реже отмечается в марте-апреле (0,4, 0,1 дня соответственно), и в сентябре (0,1), октябре (0,2 дня). В отдельные годы гололед отме-

чается в мае, в среднем 0,1 дня. В январе, феврале, марте, октябре и ноябре наблюдаются положительные тренды количества дней с данным явлением. Четкой зависимости гололедных явлений от температуры воздуха не наблюдается, однако некоторая тенденция к синхронному характеру изменений указанных процессов за последние 38 лет просматривается.

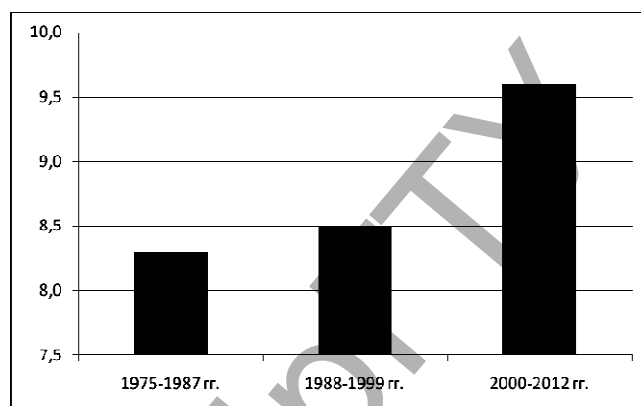


Рис. 3. Средние годовые значения количества дней с гололедом на территории Беларуси по периодам осреднения: 1975–1987, 1988–1999, 2000–2012 гг.

Заключение. Установлены пространственно-временные закономерности распределения числа дней с гололедом. Гололед чаще наблюдается на возвышенной части территории республики. За период с 1975 по 2012 гг. отмечается рост количества дней с гололедом (1975–1987 гг. – 8,5 дней, 1988–1999 гг. – 9,8 дня, 2000–2012 – 10,3 дня). Наибольшее количество дней с гололедом регистрировалось в 1977, 1987, 1997, 2007, 2010 гг. (15, 12, 13, 11, 12 дней с гололедом соответственно), что говорит о периодичности прохождения данного явления. С ноября по февраль по территории Беларуси гололед отмечается ежегодно, так в ноябре – около 1,2 дня с гололедом, в декабре – 3,1 дня, январе – 2,1 дня, в феврале – 1,4 дня. Реже гололед наблюдается с марта по апрель и сентябрь-октябрь (от 0,1 до 0,4 дня). В отдельные годы гололед регистрируется в мае, в среднем 0,1 дня. В январе, феврале, марте, октябре и ноябре наблюдаются положительные тренды количества дней с данным явлением.

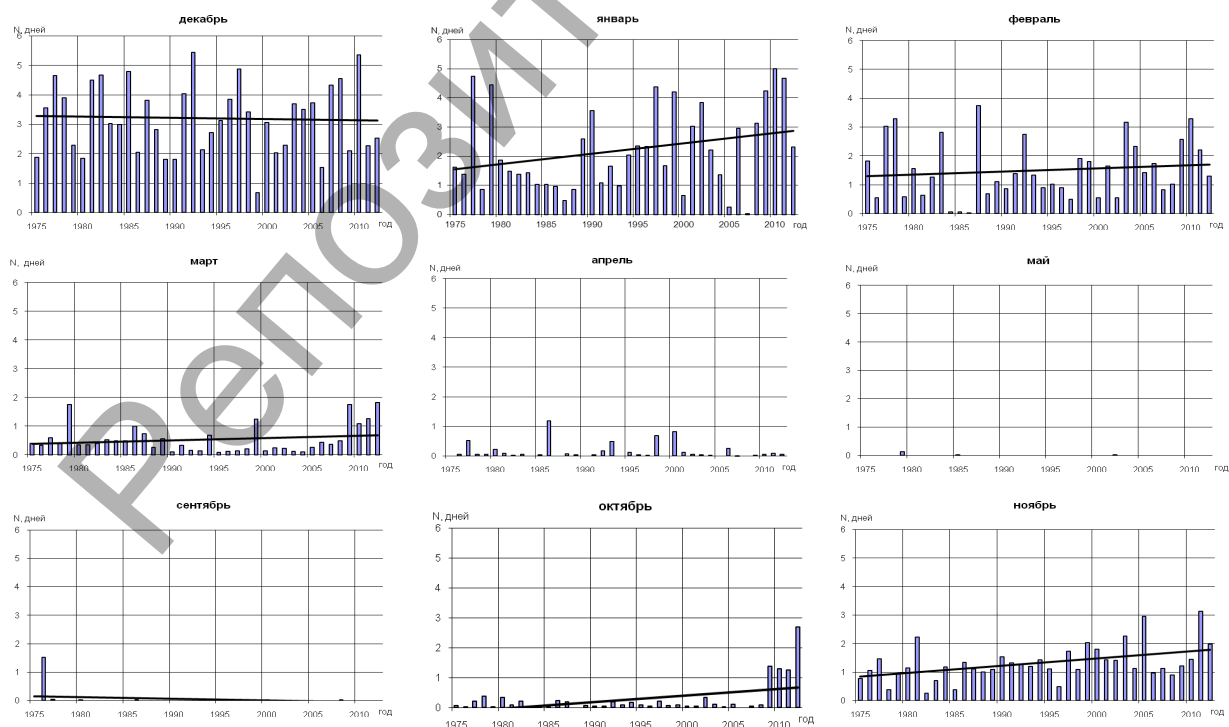


Рис. 4. Хронологический ход средних месячных значений количества дней с гололедом на территории Беларуси

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование опасных метеорологических явлений в процессе. Общие требования = Бяспека ў надзвычайных сітуацыях. Маніторынг і прагназіраванне небяспечных метэаралагічных з'яваў і працэсаў. Агульныя патрабаванні ; СТБ 1406–2003 (ГОСТ Р 22.1.07–99, MOD). – Введ. 01.01.04. – Минск: Госстандарт; Беларус. гос. инт-стадартизации и сертификации, 2003. – 19 с.
2. Технический обзор особо опасных гидрометеорологических явлений, наблюдавшихся на территории Белоруссии в 1984 году / Гос. комитет СССР по гидрометеорол. и контролю природной среды. Бел. республ. управ. по гидромет. и контролю природной среды. Гидрометеорол. центр; отв. ред. В.А. Аввакумов.– Минск, 1985. – 38 с.
3. Метеорологический ежемесячник / Мин-во природ. ресурсов и охраны окруж. среды Респ. Бел. Республ. гидрометеорол. центр. Климатич. Кадастр Респ. Бел. – Ч. 2, № 1–13. – Минск. – 1975–2008.
4. Стихийные гидрометеорологические явления на территории Беларуси: справочник / Мин-во природ. ресурс. и охр. окруж. среды Респ. Беларусь; под общ. ред. М.А. Гольберга – Минск: Бел. науч.-исслед. центр Экология, 2002. – 132 с.
5. Бугаева, И.В. Стратосферные потепления и особенности зимних процессов 1987/88 и 1988/89 г. / И.В. Бугаева, Д.А. Тарасенко, А.И. Будыко // Метеорология и гидрология. – 1990. – № 7. – С. 28–35.
6. Обзор стихийных гидрометеорологических явлений и климатических особенностей Республики Беларусь в 2007 году / Гос. климат. кадастр. – Минск: Мин. прир. ресурс. и охраны окруж. среды Респ. Беларусь, Департам. по гидрометеорологии, Гос. учрежд. «Республ. гидрометеорол. центр»; ред. Д.А. Рябов. – Минск, 2008. – 55 с.
7. Шпока, Д.А. Особенности распространения гололеда / Д.А. Шпока // Природопользование: состояние и перспективы развития: матер. науч. конф. молодых ученых (Минск, 26–27 марта 2014 г.) / редкол.: А.К. Карабанов (отв. ред.) [и др.]. – Минск: СтройМедиаПроект, 2014. – С. 128–131.

Материал поступил в редакцию 26.05.15

VOLCHAK A.A., SHPOKA I.N., SHPOKA D.A. Spatial and temporal features of occurrence of ice phenomena on the territory of Belarus

The paper discusses the change in the number of days with ice phenomena on the territory of Belarus and peculiarities of their formation in the period from 1975 to 2012 for 47 stations. The analysis of spatial-temporal variability of the number of days with ice phenomena, areas of ice activity, estimate the impact of different landscapes on the distribution of ice on the territory of Belarus

УДК 534 - 6

Сокол Г.И., Кириченко С.Ю.

ИНФРАЗВУКОВЫЕ ПОЛЯ В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ В РАКУРСЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Введение. Использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в экономике развитых стран обусловлено не только ограниченными запасами полезных ископаемых, но и требованиями уменьшения выбросов в атмосферу парниковых газов. Энергетика на основе ВИЭ является одной из наиболее перспективных отраслей мировой энергетики. Использование ВИЭ не сопровождается эмиссией углекислого газа CO₂, что позволяет понизить масштабы выбросов этого газа. Таким образом, использование ВИЭ в качестве первичных энергоисточников дополнительно не нагружает тепловой баланс планеты. Однако при разработке ветроэнергетических установок (ВЭУ) должна решаться проблема обеспечения низких уровней интенсивности шумов и обеспечение защиты окружающей среды от шумового загрязнения

К настоящему времени в довольно большом объеме проведены научные исследования по негативному влиянию низкочастотных и инфразвуковых колебаний на живые организмы [1–10]. Это направляет усилия ученых и проектантов на изучение инфразвуковых акустических полей.

Постановка проблемы. В разработке альтернативных источников энергии важное место занимает ветроэнергетика. Большое распространение в мире получили двух- и трехлопастные горизонтально-осевые (ГО) ветроэнергетические установки пропеллерного типа, а также роторы Дарье и Савониуса вертикально-осевого (ВО) типа. При проектировании ветроустановок в первую очередь надо определиться с источниками акустического излучения, разработать теоретические основы процесса генерирования звука, разработать расчетные модели характеристик акустических полей. Необходимо исключить вредное влияние шумов на людей на прилегающих к ВЭУ территориях и в жилых постройках, а также живых обитателей природы.

В таком ракурсе актуальность проблемы снижения шумов от ВЭУ не вызывает сомнений. Для разработки мероприятий, направ-

ленных на снижение уровня звукового давления (УЗД) шума до требуемого по санитарным нормам необходимо провести анализ излучения шума от ВЭУ.

Цель работы. Целью настоящей работы является изучение воздействия инфразвуковых волн (ИЗВ) от ВЭУ на живые организмы, распространения низкочастотных акустических колебаний, составление методик расчета характеристик инфразвуковых акустических полей, генерируемых при работе ВЭУ.

1. Общая часть

1.1. Источники инфразвуковых колебаний и воздействие инфразвуковых полей на живые организмы

Условия, при которых генерирование инфразвуковых волн (ИЗВ) происходит стихийно в природе, промышленности и на транспорте рассмотрены в [1, 2–5, 7–9]. Источники инфразвука (ИЗ) привлекли к себе пристальное внимание, так как УЗД в таких случаях бывает довольно высок. Классификации источников ИЗ приведены у Э.Н. Малышева [2], Л. Пимонова (Франция) [5], А.В. Римского-Корсакова [11], В.Н. Бринзы и его соавторов [9], Г.И. Сокол [1].

Исследования показывают [1, 2, 5], что в промышленности и на транспорте машины и механизмы, имеющие поверхности больших размеров, которые совершают колебания с частотой 1–20 Гц, являются источниками ИЗ.

Обычно [1] за характеристику, по которой производят оценку действия акустических колебаний на живые организмы, принимают величину звукового давления или уровень звукового давления, выраженный в децибелах (дБ). Нормы безопасности устанавливают следующие – предельно допустимые уровни звукового давления: 110 дБ Лин (с включенной коррекцией «линейно» шумомера) [1, 9] по общему уровню, 105 дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц и 102 дБ в октавной полосе со средне-

Сокол Галина Ивановна, д.т.н., профессор кафедры механотроники Днепрпетровского национального университета имени Олеся Гончара.
Кириченко Сергей Юрьевич, инженер института энергетики Днепрпетровского национального университета имени Олеся Гончара.
Украина, 49010, Днепрпетровск, просп. Юрия Гагарина, 72.