

УДК 621.3.088.2/ 519.2

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АЭРОИОНОВ

**Бочаров М.Е., Сторожаков С.Ю., Шубович А.А.**

*Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, e-mail: volgau@volgau.com*

В настоящее время в медицине, в сельском хозяйстве, в промышленности используются различные технологии, позволяющие оказывать положительное воздействие на человека, сельскохозяйственных животных, окружающую среду. Одна из недостаточно используемых технологий – искусственная ионизация воздуха. Как показывает практика, искусственная ионизация воздуха необходима в помещениях с дефицитом отрицательных ионов, в особенности там, где находятся люди и содержатся сельскохозяйственные животные. Насытить воздух в таких помещениях аэроионами возможно с помощью ионизаторов воздуха. Но устройства искусственной ионизации воздуха еще недостаточно распространены, и причин тому несколько. Одна из них связана с низкой точностью подсчета концентрации аэроионов. На примере рассмотренного в статье счетчика аэроионов «Сапфир-3М» авторы, используя собственные исследования и их математическую обработку, показывают, что при определенных обстоятельствах, не учтенных в рекомендуемой производителем методике измерения, точность прибора по определению концентрации аэроионов обеих полярностей может быть значительно выше.

**Ключевые слова:** аэрион, счетчик аэрионов, ионизация воздуха, дисперсия, стандарт, коэффициент вариации

## MATHEMATICAL PROCESSING OF DISCRETE ELEMENTS TO STUDY THE ACCURACY OF MEASURING THE CONCENTRATION OF AIR IONS

**Bocharov M.E., Storozhakov S.Y., Shubovich A.A.**

*Volgograd state agrarian university, Volgograd, e-mail: volgau@volgau.com*

At the moment in medicine, in agriculture, in the industry are used the various technologies, allowing you to have a positive effect on people, farm animals, the environment. One of the underutilized technologies – artificial ionization of the air. As practice shows, the artificial ionization of air is needed in areas with shortages of negative ions, in particular, where there are people and kept livestock. Saturate the air in these rooms is possible with the help of air ionizers. But artificial air ionization device is not enough commonly, for several reasons. One of them is related to the low precision calculation of the concentrations of air ions. In the example discussed in the article, the counter ions «Sapphire-3M», the authors, using their own research and their mathematical treatment show that, under certain circumstances, unrecorded in the manufacturer's recommended procedure for measuring the accuracy of the device to determine the concentrations of ions of both polarities can be much higher.

**Keywords:** air ion, the counter ions, air ionization, dispersion, standard deviation, the coefficient of variation

Искусственная ионизация воздуха предназначена для восполнения недостатка отрицательных ионов внутри современных помещений. По данным исследований [2], вентилятор приточной вентиляции и даже обычная антимоскитная сетка на окне полностью лишают наружный воздух отрицательных ионов. Сам отрицательный ион, как правило, атомарный кислород или более крупные агломераты молекул и аэрозолей воздуха, имеет ограниченный срок существования – срок «жизни». При встрече с положительно заряженным ионом или поверхностью отрицательный заряд теряется.

О пользе отрицательных ионов для живых организмов известно уже давно [8]. Данные о благотворном влиянии различных концентраций отрицательных ионов получены многими исследователями [2, 3, 8]. К сожалению, искусственная ионизация не занимает должного места в современных

средствах улучшения жизнедеятельности организма. Одна из причин этого – сложность подсчета уровня концентрации аэроионов. В настоящее время в России сертифицированы счетчики аэроиона «МАС-01» (производитель НТМ-Защита) [6] и «Сапфир-3М» и «Сапфир-3К» (производитель НПФ «Янтарь») [7]. Оба прибора регистрируют как положительные, так и отрицательные ионы, но при этом заявляемая производителем погрешность измерений потрясает – от 30 до 50 процентов в зависимости от диапазона измерений. Возникает вопрос, насколько верны измерения и в чем причина допущений в точности?

Для исследований были использованы три счетчика типа «Сапфир-3М». Особенностью этих счетчиков является возможность работы с персональным компьютером (последние варианты счетчика «МАС-01» также могут быть подключены к ПК),

а также режимы усреднения, что означает выдачу результата измерения в виде среднего арифметического за определенное время.

**Целью исследования** было определение надежности измерений счетчиком «Сапфир-3М» (рис. 1) с применением методов математической статистики [1, 5]. Роль источника ионов выполнял генератор аэроионов «Габи-01» (производитель НТМ-Защита) [4]. Генератор аэроионов (рис. 2) позволяет генерировать аэроионы положительной и отрицательной полярности как одновременно, так и поочередно до 50000 ион/см<sup>3</sup> с регулируемой градацией в процентном отношении. Под надежностью измерений подразумевалось совпадение показаний каждого из счетчиков при замерах одинаковой концентрации аэроионов при неизменных других параметрах окружающей среды (температура и влажность). При проведении измерений было исключено движение воздуха как основного фактора, влияющего на результаты подсчетов. Для этого счетчик и генератор аэроионов помещались в бумажный воздуховод в виде короба. Измерения проходили на разных расстояниях между генератором и счетчиком аэроионов, а режимы работы счетчика проводились с различными усреднениями (8, 16 и 32 секунды).



Рис. 1. Счётчики аэроионов «Сапфир-3М»



Рис. 2. Генератор аэроионов биполярный «Габи-01»

Методика проведения экспериментальных работ заключалась в сравнении, при прочих равных условиях, получаемых показаний счетчиков, анализ результатов с последующей корректировкой дальнейших измерений. Накоплен большой материал, который позволяет применить математический аппарат к обработке результатов. Ниже приводятся результаты пяти серий опытов с положительными аэроионами в табл. 1–5.

**Таблица 1**

Результаты измерения счетчика в ион/см<sup>3</sup>. Расстояние между счетчиком и генератором – 0,25 м.  
Выработка ионов – 10000 ион/см<sup>3</sup>

	Без усреднения 4 с	Усреднение 8 с	Усреднение 16 с	Усреднение 32 с
1	45,5	46,4	42	52,9
2	41,4	57,1	53,9	43,4
3	41,8	38	47,5	44,9
4	46,8	45,9	44	46,7
5	47,8	45,3	45,5	41,3
6	42,5	29,8	44,7	42,9
7	45,6	56,8	43,2	47,2
8	42,1	46,2	42,1	43,1
9	43,1	38,8	40,1	45,5
10	44,5	53,6	38,1	44,2

**Таблица 2**

Результаты измерения счетчика в ион/см<sup>3</sup>. Расстояние между счетчиком и генератором – 0,25 м.  
Выработка ионов – 30000 ион/см<sup>3</sup>

	Без усреднения 4 с	Усреднение 8 с	Усреднение 16 с	Усреднение 32 с
1	121,3	122,3	121	128,2
2	130,4	124,5	131,4	127,4
3	125,6	126,2	129,9	124,1
4	125,7	130,3	119,9	122,3
5	127,1	131,1	123,4	123,4
6	128,4	127,3	124,7	120,3
7	130	129,3	126,8	121,4
8	122,2	126,8	123,1	124
9	124,5	121	131,1	123,7
10	126,1	120,9	129,2	126,1

**Таблица 3**

Результаты измерения счетчика в ион/см<sup>3</sup>. Расстояние между счетчиком и генератором – 0,5 м. Выработка ионов – 30000 ион/см<sup>3</sup>

	Без усреднения 4 с	Усреднение 8 с	Усреднение 16 с	Усреднение 32 с
1	106	89,6	95,4	119
2	106	98,4	85	110
3	104	91,5	100	108
4	95,7	110	90,7	106
5	97,8	95	98,7	113
6	115	109	93,6	101
7	98,7	93	97,5	102
8	96,8	101	96,5	97,4
9	103	91,7	105	102
10	101	96,6	108	100,9

**Таблица 4**

Результаты измерения счетчика в ион/см<sup>3</sup>. Расстояние между счетчиком и генератором – 0,75 м. Выработка ионов – 50000 ион/см<sup>3</sup>

	Без усреднения 4 с	Усреднение 8 с	Усреднение 16 с	Усреднение 32 с
1	45,3	45,6	46,1	45,6
2	43,1	45,7	46,7	41,2
3	36,4	42,3	44,7	42,7
4	46,4	45,3	44,9	41,7
5	43,5	41,4	45,1	43,4
6	46,7	43,7	41,4	47,7
7	47,5	42,5	42,1	45,1
8	42,3	41,6	44,8	41
9	46,6	41,7	46,4	39,9
10	47,1	43,9	44,4	40

Были применены методы статистического анализа [1, 5], найдены стандарт и коэффициент вариации для каждой серии опытов, после чего данные были занесены в табл. 6. Значения результатов опытов можно считать выборкой из генеральной совокупности. Для проведения статистиче-

ского анализа можно вычислить следующие величины. Выборочное среднее:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – выборка объема  $n = 40$ .

**Таблица 5**

Результаты измерения счетчика в ион/см<sup>3</sup>. Расстояние между счетчиком и генератором – 1,0 м. Выработка ионов – 30000 ион/см<sup>3</sup>

	Без усреднения 4 с	Усреднение 8 с	Усреднение 16 с	Усреднение 32 с
1	9,9	9,5	8,7	9,1
2	10	9,4	8,6	9,6
3	11,5	7,8	7,9	8,9
4	8,7	10,6	9,1	8,7
5	4,9	8,4	11	8,4
6	11,1	11	10,8	9,4
7	10,7	8,6	10,6	9,3
8	9,7	9,3	11,2	9,4
9	8,7	9,6	9,7	10,3
10	8,9	9,7	9,4	10,4

Стандарт (среднее квадратическое отклонение) определяется квадратным корнем из выборочной дисперсии:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (2)$$

Данная величина является показателем надежности выборочной средней. Чем меньше значение стандарта, тем лучше средняя величина представляет собой рассматриваемую совокупность результатов опытов.

Для сравнения колеблемости одного и того же признака в нескольких совокупностях можно применить показатель вариации в относительных величинах. Коэффициент вариации как относительное квадратическое отклонение можно получить из соотношения

$$V = \frac{S}{\bar{x}}. \quad (3)$$

**Таблица 6**

Численные значения стандарта и коэффициента вариации в зависимости от расстояния до источника аэроионов и концентрации генерируемых аэроионов

Номер опыта	Расстояние в м, концентрация в ион/см <sup>3</sup>	Стандарт	Коэффициент вариации
1	0,25; 10000	6,5	0,146
2	0,25; 30000	3,4	0,027
3	0,5; 30000	7,3	0,073
4	0,75; 50000	2,5	0,057
5	1; 30000	1,2	0,127

Данный коэффициент определяет характеристику однородности совокупности. Чем больше значение коэффициента вариации, тем относительно больший разброс и меньшая выравненность исследуемых значений. Если коэффициент вариации меньше 0,1, то изменчивость вариационного ряда принято считать незначительной, от 0,1 до 0,2 относится к средней, больше 0,2 и меньше 0,33 – к значительной, и если коэффициент вариации превышает 0,33, то это говорит о неоднородности информации и необходимости исключения самых больших и самых маленьких значений.

Результатом исследования можно считать утверждение, что заявляемая производителями погрешность в более чем 30% является попыткой обеспечить приемлемый результат подсчета аэроионов, при несоблюдении в процессе эксплуатации некоторых внешних факторов, значительно влияющих на результат измерения. К таким факторам следует отнести – перемещение воздуха в момент измерения, температуру, влажность воздуха, а также наличие в непосредственной близости от источника аэроионов и/или счетчика аэроионов электрически заряженных тел, или возможность этих тел принимать и накапливать электрический заряд во время изменения. В документации обоих производителей счетчиков аэроионов [6, 7] указанным выше факторам, сопутствующим измерениям, не уделено достаточно внимания, что также свидетельствует о возможностях дальнейшего совершенствования выпускаемой аппаратуры и использования скрытых возможностей по повышению точности измерения.

При этом по вычисленным значениям стандарта и коэффициента вариации можно сделать предположения и выводы:

1. Результаты всех измерений не выходят за рамки однородной совокупности.

2. Несмотря на «нарушения» нормируемого удаления от генератора аэроионов (1 м) в части опытов, произведенные расчеты коэффициента вариации позволяют утверждать, что измерения концентрации точны и не нуждаются в необходимости исключения максимального и минимального значения.

#### Список литературы

1. Андронов А.М., Копытов Е.А., Гринглаз Л.Я. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 461 с.

2. Баев В.И., Бочаров М.Е. Аэроионизация птичников: монография // ФГБОУ ВПО Волгогр. ГСХА. – Волгоград: Изд-во ВГСХА, 2011. – 192 с.

3. Бочаров М.Е. Электрические процессы внутри организма // Волгогр. ГСХА. – Волгоград: Нива, 2009. – 40 с.

4. ГАБИ-01. Генератор аэроионов биполярный. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ntm.ru/products/148/7269> (дата обращения: 30.06.15).

5. Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel: учебное пособие / – 4-е изд. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 475 с.

6. МАС-01. Счетчик аэроионов малогабаритный [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ntm.ru/products/148/7268> (дата обращения: 30.06.15).

7. Счетчик аэроионов «Сапфир-3М». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ionization.ru/ru/katalog-npf-yantar/15-schetchik-aeroionov-sapfir-3m.html> (дата обращения: 30.06.15).

8. Чижевский А.Л. Аэроионификация в народном хозяйстве. – 2-е изд., сокр. – М.: Стройиздат, 1989. – 488 с.

#### References

1. Andronov A.M., Kopytov E.A., Gringlaz L.Ja. *Teorija verovatnostej i matematičeskaja statistika* [Probability theory and mathematical statistics]. SPb.: Piter, 2004. 461 p.

2. Baev V.I., Bocharov M.E. *Ajeroionizacija ptichnikov* [Aero ionization of poultry houses]. Volgograd: Niva, 2011. 192 p.

3. Bocharov M.E. *Jelektričeskie processy vnutri organizma* [Electrical processes inside the body]. Volgograd: Niva, 2009. 40 p.

4. GABI-01. *The generator of bipolar ions*. [GABI-01. Generator ajeroionov bipoljarnyj]. Available at: <http://ntm.ru/products/148/7269> (accessed 30 June 2015).

5. Gorelova G.V., Kacko I.A. *Teorija verovatnostej i matematičeskaja statistika v primerah i zadachah s primeneniem Excel* [Probability theory and mathematical statistics in examples and problems with the use of Excel]. Rostov: Phoenix, 2006. 475 p.

6. MAS-01. *Schetchik ajeroionov malogabaritnyj* [WT-01. Counter ions compact]. Available at: <http://ntm.ru/products/148/7268> (accessed 30 June 2015).

7. *Schetchik ajeroionov «Sapfir-3M»* [Counter air ions Sapphire-3M]. Available at: <http://ionization.ru/ru/katalog-npf-yantar/15-schetchik-aeroionov-sapfir-3m.html> (accessed 30 June 2015).

8. Chizhevskij A.L. *Ajeroionifikacija v narodnom hozjajstve* [Air ionification in the national economy]. M.: Stroyizdat, 1989. 488 p.

#### Рецензенты:

Камаев В.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград;

Баев В.И., д.т.н., профессор кафедры «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве», ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград.