

EVALUATION ACCIDENT RISK ON INTERURBAN RURAL HIGHWAYS, SIVAS SAMPLING

Dr. Ercan ÖZGAN

Technical Education Faculty, Construction Department, Düzce University, Turkey
E-mail: ercanozgan@hotmail.com

1. Introduction

Safety and efficiency are the two primary goals of transportation engineering. The effort that public agencies put into reducing traffic accidents is highly justifiable. Traffic accidents place a huge financial burden on society. Two major factors usually play an important role in traffic accident occurrence. The first related to the driver, and the second related to the roadway design. (Miaou and Lum, 1993). Miaou (1994) studied the relationship between highway geometric and accidents using Negative Binomial regression. In this study, Miaou evaluated the performance of the Poisson regression, zero-inflated Poisson regression, and Negative Binomial regression. Ivan and O'Mara (1997) applied Poisson regression for the prediction of traffic accidents using the Connecticut Department of Transportation's accident data. Results of the model suggest that the posted speed limit, the annual average daily traffic of the highway are critical accident prediction variables leading to the conclusion that the Poisson regression model is preferred than the linear regression model. Shankar et al. (1995) used both the Poisson and Negative Binomial distributions (Poisson when the data was not significantly over dispersed and negative binomial when it was) to evaluate the effects of roadway geometrics and environmental factors on rural accident frequency in Washington State. Agent and Deen (1975) attempted to identify high-accident locations with respect to the functional type and geometry of the highway, using accident and volume data from rural highways in Kentucky collected from 1970 through 1972. Milton and Mannering (1996) found that narrow shoulder width, sharp horizontal curve, reduced lane width and high volume of traffic all have a potential effect on increasing accident frequency. Knuiman et al. (1993) studied the effect of median width on accident rates using a Negative Binomial regression model. For a median without barrier, they found that the accident rate declines rapidly when median width exceeded about 7.6m. (25ft). Decreasing trend seemed to become level at median widths of approximately 18.9–24.4 m (60–80 ft). (McGee et al., 1995). (Ivan et al., 1999) specifically that single vehicle and multi-vehicle highway crashes occur under markedly different circumstances with respect to traffic volume, light and roadway conditions. Persaud and Muksi (1995) found that the effect of daylight conditions is different for single-vehicle and multi-vehicle crashes. For single-vehicle crashes, the potential is higher at night, whereas for multi-vehicle crashes the opposite is the case. Joshua and Garber (1990) studied the relationship between highway geometric factors and truck accidents in Virginia using both linear and Poisson regression models. Miaou et al.,

(1992) used a Poisson regression model to establish the empirical relationship between truck accidents and highway geometric on a rural interstate in North Carolina.

In Turkey, among sub-system of transportation, the use of highway is 95 % whereas the use of railway, airway and maritime lines transportation is 5 % combined. General Police Headquarters, (2001). In accordance with the high rate of highway transportation use, thousands of accidents occur in Turkey each year. Because of these accidents, hundreds of people dying, injuring or become disabled; also resulting in big financial loses. The relatives of the people who are involved in the accidents also affected financially and spiritually. Therefore traffic accidents have become a great problem in our country that need to solve. Traffic accidents occur in accordance with many including man, the car and the highway (Ozgan, 2003). Traffic accidents results between 1997 and 2001 years determined two categories in city and interurban highways in Turkey (Table 1, 2 and 3).

Table 1. Traffic accident results in cities between 1997 and 2001 in Turkey.

Years	1997	1998	1999	2000	2001	Total	Ratio (%)
Number of accident	332358	375824	377330	404167	363528	1853207	100.0
Number of mortal accidents	1836	1626	1426	1386	1154	7428	0.401
Number of injured accident	39251	40868	40989	45153	40150	206411	11.138
Number of financial damage accidents	291271	333330	334915	357628	322224	1639368	88.461
Number of dead	2197	1847	1682	1542	1309	8577	0.463
Number of injured	59979	63254	62276	71635	62690	319834	17.258

It can see from the table that between 1997 and 2001 years, the financial damaging accident percentage in city is 88.461 %, injuring accidents are 11.138 % and mortal accidents are 0.401 %. The ratio of total injured number to total accident number is 17.258 %. The ratio of total number of dead to total accident number is 0.463 %.

Table 2. Traffic accident results on inter 8-0.01890345982 -0.03780691964 urban highways between 1997 and 2001 years in Turkey.

Years	1997	1998	1999	2000	2001	Total	Ratio (%)
Number of accident	55175	64325	61008	62218	45879	288605	100.0
Number of accidents causing death	2027	2072	1869	1608	1158	8734	3.026
Number of accidents causing injures	20145	20679	19231	17142	12698	89895	31.148
Number of accidents causing financial damage	33003	41574	39908	43468	32023	189976	65.826
Number of dead	2984	3088	2914	2399	1645	13030	4.515
Number of injured	46167	51298	47623	44242	31807	221137	76.623

Evaluation Accident Risk on Interurban Rural Highways, Sivas Sampling

It can see from the table that between 1997 and 2001 years the financial damaging accidents percentage in interurban highways are 65.826 %, injuring accidents are 31.148 % and mortal accidents are 3.026 %. The ratio of total injured numbers to total accident numbers are 76.623 %. The ratio of total number dead to total accident number is 4.515%. The results of accidents in city and interurban highways compared with together and given (Table 3).

Table 3. Comparison traffic accidents results in city and interurban highways in Turkey.

Results of the accidents	In city highways	On interurban highways	Results
The ratio of financial damage accidents to total accidents (%)	88	66	The number of financial damage accidents in cities more than interurban highway' about 1.33 times.
The ratio of injuring accidents to total accidents (%)	11	31**	Injuring accidents occurred on interurban highway more than injuring accidents in cities about 2.81 times.
Ratio of the number of accidents causing death to the total accidents (%)	0.4	3**	The number of accidents caused death on interurban highway more than in cities' about 7.5 times.
The ratio of the total injured number to total accidents number (%)	17	77**	The number of accidents caused injured on interurban highway more than in cities' about 4.52 times.
The numbers of total dead ratio to the number of total accidents are (%).	0.4	4.5**	The number of dead on interurban highway is more than in cities about 11.25 times.

It can see clearly from the table that interurban highways more dangerous than in cities' highways in Turkey.

The methods, using to determine the risky and dangerous section on highways are Gamgam Z. (2000);

- The Number of Accident Method,
- The Ratio of the Accident Method,
- The Number-Ratio Method,
- The Number Quality Control Method,
- The Ratio Quality Control Methods

In these methods, distribution of the accidents according to kilometre determines from traffic accident reports and the risky and dangerous section establishes according to these datas. But, geometric properties of the way, environmental conditions, highway' conditions, field of vision conditions at night and in the daytime, conditions of the sign of the traffic and signboard properties not to take into consideration in these methods.

In this study, the number of traffic accidents accordance to kilometre and geometrical properties of the highway, environmental conditions, highway conditions, field of vision conditions at night and in the daytime, conditions of the sign of the traffic and signboard take into consideration. These characteristic affect the accidents directly. So that, taking into consideration the risky and dangerous sections tried to determine for the highway. For this aim D100/22 State highway selected as a working route. The highway factor studied in details and an analysis performed on 22nd part of the D100 State highway. The risky kilometres on the 22nd part of the D100 State highway determined and accident risky of this highway measured.

2. Material and Method

2.1. Material

This study conducted in two parts. In the first part, D100/22 State highway section examined. This highway section's length is 44 km, number of accidents 134, injured persons are 253 and dead person are 10, which starts from Tokat province boundary to D865/03 State highway section on the way to Şebinkarahisar (Figure 1 and Figure 2).

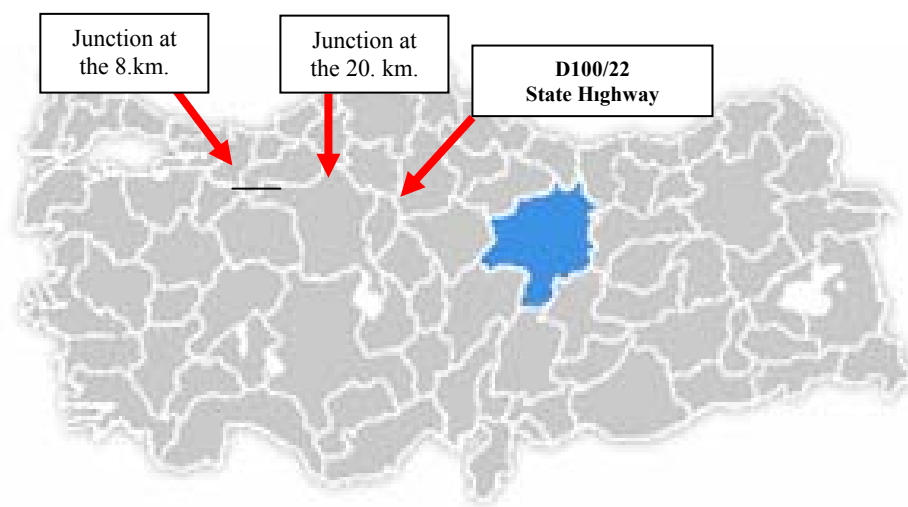


Figure1. Location of the Sivas in TURKEY

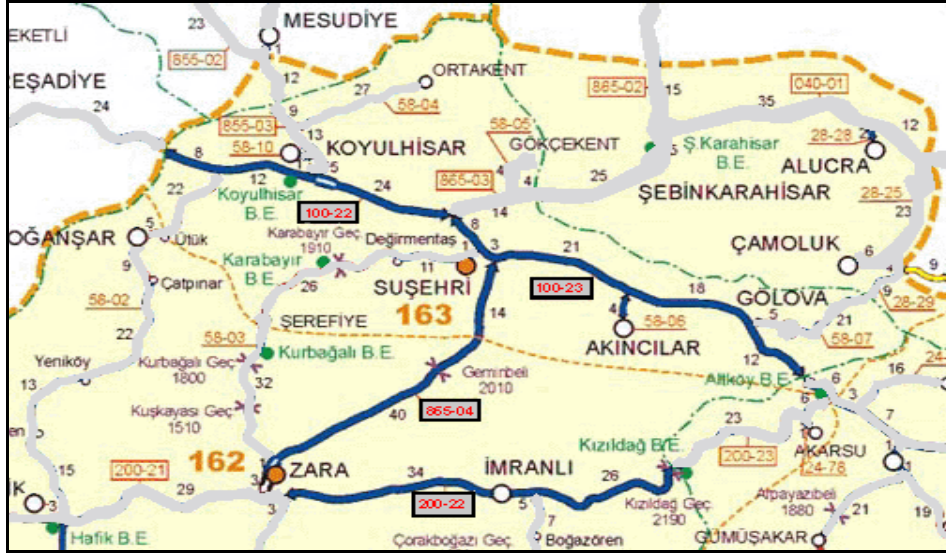


Figure 2. Location of the D100/22 State highway section in Sivas

Generally characteristic of the D100/22 State highway are; average lane width is 3.50m, shoulder width 1.50m, platform width 10m, maximum gradient in bend between 8 and 10 %, maximum profile gradient between 4-9 % and width gradient changes between 2-4 %. Minimum horizontal bend radius is 250m and this land is wavy in generally. This route has influenced by terrestrial climate. There is thick snow and covered with ice on highway surface in the winter. Annual Average Daily Traffic (AADT) for D100/22 highway sections given (Table 4).

Table 4. AADT of D100/22 state highway based upon years.

Years	Car	Bus	Truck	Trailer	Heavy truck Ratio (%)	Total
1999	895	215	911	117	58,13	2138
2000	1006	129	681	39	45,76	1855
2001	754	125	548	61	49,32	1488
2002	894	129	623	151	50,25	1797
Total	3549	598	2763	368	51,23	7278

2.2. Method

In this study, "Highway Accident Risk" obtained from the studies done in two different processes. In the first processes, accident reports for the traffic accidents which occurred on the 22nd parts of the Sivas province city boundary on D100 State highway between 1999 and 2002 used. Accidents that occurred on each kilometre determined according to the official traffic reports. The number of accidents that occurred in each kilometre and

Evaluation Accident Risk on Interurban Rural Highways, Sivas Sampling

In the second part of the study, observations, controls and topographic measurements on highway sections in day-time and night-time conditions collected from the accident reports for four years time period under consideration. In these controls and topographic measurements, characteristics such as the width of the highway, width of the presence of a banquette, inclination in the road, width of the road, length of the straight lane, condition of the curves and their internal inclination, subordinate correction roads, condition of horizontal and vertical traffic sign, whether these signs were in the correct place or not, night and day time vision conditions, type of the coating and its surface condition, driving comfort, position of the barriers, use of the land and environmental conditions, whether there are climbing lane or not, position of the landslide, drainage conditions of the highway, fuel-oil stations and resting areas were all subject to scoring. For each characteristics listed above, present or suitable ones given "0" points, lacking or inadequate ones given "0,5" points and non-existing ones given "1" points.

This "Risk Evaluation Score" (RES) calculated for each kilometre on this highway. By adding the "Highway Risk Evaluation Score" (HRES) which is obtained from the number of the accidents, the number injured and dead people for each kilometre to the "HRES" which obtained according to all characteristics of the highway, the "Total Risk Evaluation Score" calculated. "RES" which obtained in accordance with the positions of the traffic accidents that occurred on each kilometre of the 22nd section of the D100 State highway between 1999 and 2002 years. By the risk evaluation scores that obtained for each km of D100/22 highway section collected to be meaningfully 5 categories and it coded from 1 to 5 Frequency scatter and percentage of the risk scores showed (Table9).

Table 9. The frequency & scatter percentage of risk scores for D100-22 highway section.

Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent	Valid	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
.00	4	9.1	9.1	9.1	19.00	1	2.3	2.3	70.5
1.00	5	11.4	11.4	20.5	20.00	1	2.3	2.3	72.7
3.00	3	6.8	6.8	27.3	21.00	2	4.5	4.5	77.3
5.00	2	4.5	4.5	31.8	22.00	2	4.5	4.5	81.8
7.00	1	2.3	2.3	34.1	23.00	1	2.3	2.3	84.1
9.00	3	6.8	6.8	40.9	34.00	1	2.3	2.3	86.4
10.00	1	2.3	2.3	43.2	39.00	1	2.3	2.3	88.6
11.00	2	4.5	4.5	47.7	41.00	1	2.3	2.3	90.9
12.00	3	6.8	6.8	54.5	46.00	1	2.3	2.3	93.2
13.00	2	4.5	4.5	59.1	51.00	2	4.5	4.5	97.7
15.00	1	2.3	2.3	61.4	52.00	1	2.3	2.3	100.0
16.00	2	4.5	4.5	65.9					
17.00	1	2.3	2.3	68.2	Total	44	100.0	100.0	

Risk scores grouped 5 categories and coded as 1,2,3,4 and 5. The risk score limits for each one code number showed a table (Table 10).

Table 10. Risk score limits for coded numbers.

Risk scores limits	Corresponding code number
Between 0-10,9	1
Between 11-21,9	2
Between 22-32,9	3
Between 33-43,9	4
Between 44-54,9	5

The risk scores upon the km and coded datas given a table (Table 11).

Table 11. Risk scores and coded dates for each km on D100-22 highway section.

Km	Risk score	Coded risk group	Km	Risk score	Coded risk group	Km	Risk score	Coded risk group
1	12	2	17	17	2	29	5	1
2	3	1	18	3	1	30	16	2
3	1	1	19	11	2	31	21	2
4	0	1	20	46	5	32	52	5
5	13	2	21	11	2	33	51	5
6	39	4	22	51	5	34	20	2
7	1	1	19	11	2	35	9	1
8	34	4	20	46	5	36	22	3
9	19	2	21	11	2	37	1	1
10	12	2	22	51	5	38	15	2
11	13	2	23	1	1	39	9	1
12	9	1	24	3	1	40	22	3
13	10	1	25	7	1	41	0	1
14	12	2	26	21	2	42	0	1
15	41	4	27	5	1	43	1	1
16	16	2	28	23	3	44	0	1

According to the coded numbers, the dangerous situation for each km examined and the results given a table (Table 12).

Table 12. Risky state and coded numbers for each kilometre.

Coded numbers	Number of km	%	Kilometres	Results
1	19	45	2, 3, 4, 7, 12, 13, 18, 23, 24, 25, 27, 29, 35, 37, 39, 41, 42, 43, 44	Less dangerous km
2	15	34	1, 5, 9, 10, 11, 14, 16, 17, 19, 21, 26, 30, 31, 34, 38	Little dangerous km
3	3	6	28, 36, 40	Dangerous km
4	3	6	6, 8, 15,	High dangerous km
5	4	9	20, 22, 32, 33,	Highest dangerous km

As a result, number of the less dangerous km is 20th, the little dangerous km is 15th, dangerous km is 3th, high dangerous km is 3th and the highest dangerous km is 4th. The percentage and dangerous situation for each coded number is about 45 % all of the highway section is “less dangerous”, about 34 % is little dangerous, about 6 % is dangerous, about 6 % is high dangerous and about 9 % is the highest dangerous.

Conclusions

The number of financial damage accidents in cities more than interurban highway' about **1.33** times. Injuring accidents occurred on interurban highway more than injuring accidents in cities about **2.81** times. The number of accidents caused death on interurban highway more than in cities' about **7.5** times. The number of accidents caused injured on interurban highway more than in cities' about **4.52** times. The number of dead on interurban highway is more than in cities about **11.25** times in Turkey.

The percentage of the less dangerous km for D100-22 state highway is about 43 %, percentage of the little dangerous km is about 34 %, percentage of the dangerous km is about 6.8 %, percentage of the high dangerous km is about 6.8 % and percentage of the highest dangerous km is about 9 %.

Traffic accidents report, environmental conditions and highway geometric characteristic must be taken into consideration to determination the risky and dangerous section on interurban highway. In this way all of the effects caused traffic accidents would have taken into consideration.

REFERANCES

1. Miaou, S. and Lum, H., 1993. Modeling vehicle, accidents and highway geometric design relationships. *Accident Analysis and Prevention* **25** 6, pp. 689–709.
2. Miaou, S., 1994. The relationship between truck accidents and geometric design of road section: Poisson versus Negative Binomial regression. *Accident Analysis and Prevention* 26(4).
3. Ivan, J., O'Mara, P., 1997. Prediction of Traffic Accident Rates Using Poisson Regression. Presented at the 76th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
4. Shankar, V., Mannering, F., Barfield, W. 1995. Effect of roadway geometric and environment factors on rural freeway accident frequencies. *Accident Analysis and Prevention* 27(30).
5. Agent, K. and Deen, R., 1975. Relationship between roadway geometrics and accidents. *Transportation Research Record* **541**, pp. 1–11.
6. Milton, J., Mannering, F., 1996. The Relationship Between Highway Geometrics, Traffic Related Elements and Motor Vehicle. Washington State Dept. of Transportation.
7. Knuiman, M., Council, F. and Reinfurt, D., 1993. The effect of median width on highway accident rates. *Transportation Research Record* **1401**, pp. 70–80.

8. McGee, H., Hughes, W., Daily, K., 1995. Effect of Highway Standards on Safety. NCHRP Report 374, Transportation Research Board.
9. Ivan, J.N., Pasupathy, R.K. and Ossenbruggen, P.J., 1999. Differences in causality factors for single and multi-vehicle crashes on two-lane highways. *Accident Analysis and Prevention* **31**, pp. 695–704.
10. Persaud, B.N. and Mucsi, K., 1995. Microscopic accident potential models for two-lane rural roads. *Transport. Res. Rec.* **1485**, pp. 134–139.
11. Joshua, S. and Garber, N., 1990. Estimating truck accident rate and involvement using linear and Poisson regression models. *Transportation Planning and Technology* **15**, pp. 41–58.
12. Miaou, S., Hu, P., Wright, T., Rathi, A. and Davis, S., 1992. Relationship between truck accidents and highway geometric design: a Poisson regression approach. *Transportation Research Record* **1376**, pp. 10–18.
13. General Police Headquarters, Turkey, 2001. Statistical Annual.
14. Ozgan, E., 2003. Multi-variate clinical aspects of traffic accidents at Sivas environmental state highways. Phd Thesis. Gazi University Institute of Science and Technology, Ankara.
15. Gamgam Z., 2000. A system proposal on the identification of dangerous zones for the traffic accidents. Phd Thesis. Gazi University Institute of Science and Technology, Ankara.

OPTIMUM CONTROL IN THE PROBLEM OF MINIMIZATION OF HARMFUL IMPURITIES IN THE ATMOSPHERE BY PONTRYAGIN'S MAXIMUM PRINCIPLE AND SPHERICAL HARMONICS METHOD

Prof. Dr. R.R. RAFATOV

Kyrgyz-Turkish University "Manas", Bishkek, Kyrgyzstan

Protection of the environment from the industrial pollution is one of the most actual problems of modern science and engineering. This paper is devoted to the investigation of the problem, related to the disposition of industrial objects, which provides the minimal pollution of nearby economically important objects. It is supposed that all of the industrial objects in the given region throw out respective quantities of the harmful impurity in the atmosphere. The problem consists of the determining for each of the industrial object of such admissible amount of harmful impurity, which provides the minimum for the integral of their squares. At the same time, the density of the harmful particles must be as much as possible close, on the average, to the sanitary allowable norms.

1. Statement of the problem

Consider the area G of n -dimensional space R^n with a border Γ , which has a form of cylinder with bases Γ_0 , Γ_H and lateral surface Γ_l . We assume that r industrial objects are located in the points $x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i)$, $i = 1, 2, \dots, r$ of G , and throw out $p_i(t)$, ($i = 1, 2, \dots, r$) harmful impurities in the atmosphere. As a result, we come to the following problem setting [1].

It is given the integro-differential equation of the pollution matter diffusion of the r industrial objects,

$$\begin{aligned} \frac{\partial \psi}{\partial t} + \mathbf{v} \text{grad} \psi + \sigma \psi(t, x, \mathbf{v}) - \eta \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_i^2} - \xi \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_n^2} = \\ = \sum_{i=1}^r p_i(t) \delta(x - x^i) \delta(\mathbf{v} - \mathbf{v}^i) + \frac{\lambda}{m(\Omega)} \int_{\Omega} \Theta(t, x, \mathbf{v}, \mathbf{v}') \psi(t, x, \mathbf{v}') d\Omega'. \end{aligned} \quad (1.1)$$

Here, $\psi(t, x, \mathbf{v})$ is a concentration of the impurity particles located in the point $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ at the moment t and having a velocity $\mathbf{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$,

$grad\psi = \left(\frac{\partial\psi}{\partial x_1}, \frac{\partial\psi}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial\psi}{\partial x_n}\right)$ is a vector-gradient, $\mathcal{V} = (v_1, v_2, \dots, v_n) \in \Omega -$ is a velocity vector, satisfying to the continuity condition $div(\mathcal{V}) = \sum_{i=1}^n \frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0$, and $v_n = 0$ at $x_n = 0$ and $x_n = H$, that is on Γ_0 and Γ_H (Γ_0 and Γ_H are the bases of the n -dimensional cylinder G), Ω is a sphere of unit radius in R_n described by the equation $\sum_{i=1}^n v_i^2 = 1$, σ, λ are the positive constants describing the medium $G \subset R^n$ where harmful impurities diffuse, η, ξ are the coefficients of a "horizontal" and "vertical" turbulent exchange. $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ is a spatial point of the area G , $\Theta(t, x, \bar{v}, \bar{v}')$ is the function describing dispersion of the harmful impurity particles, $\delta(x - x_i), \delta(\bar{v} - \bar{v}_i)$ are the Dirak's δ -functions, $m(\Omega)$ is the area of the surface of a unit sphere Ω in R^n [2]:

$$m(\Omega) = \frac{2(\sqrt{\pi})^n}{\Gamma(n/2)}, \quad \Gamma(\xi) = \int_0^{\infty} e^{-t} t^{\xi-1} dt.$$

The non-stationary integro-differential equation (1.1) must be supplemented with the boundary conditions

$$\psi(t, x, \mathcal{V})|_{t=0} = \psi_0(x, \mathcal{V}), \quad \left(\frac{\partial\psi}{\partial x_n} - \alpha\psi\right)|_{\Gamma_0 \times \Omega} = 0, \quad (1.2)$$

$$\frac{\partial\psi}{\partial x_n}|_{\Gamma_H \times \Omega} = 0, \quad \psi(t, x, \mathcal{V})|_{\Gamma, \times \Omega} = 0 \quad \text{at} \quad (\mathcal{V}, \mathbf{h}) < 0, \quad (1.3)$$

where \mathbf{h} is a normal unit vector to the external side of surface Γ of the cylinder G .

Factor α in the condition (1.2), in the case of three-dimensional space R^3 , characterizes a probability of the substances, laid-down to the ground surface, to get back into the atmosphere. Condition (1.3), in the case of $n = 3$, means that the particles which leave the domain G , do not return back into the this area.

The problem is to find such functions $p_i(t), (i = 1, 2, \dots, r)$, on which the functional

$$J[p] = \sum_{i=1}^r \beta_i \int_0^T p_i^2(t) dt + \int_G dG \int_{\Omega} [\psi(T, x, \mathcal{V}) - \psi_i(x, \mathcal{V})]^2 d\Omega \quad (1.4)$$

Optimum Control in the Problem of Minimization of Harmful Impurities in the Atmosphere...

reach the least possible value. Here $\psi(t, x, \mathcal{B})$ is the solution of the problem (1.1) - (1.3), $T > 0$ is defined, $\psi_1(x, \mathcal{B})$ is the known function from $W_2^{1,0}[G \times \Omega]$, $\beta_i = const > 0, (i = 1, 2, \dots, r)$.

Admissible controls are the various functions $p = (p_1, p_2, \dots, p_r)$ from $L_r^2[0, T]$. The control $p = (p_1, p_2, \dots, p_r)$, which gives the solution of the considered problem, will be called the optimal and denoted by $p^0 = (p_1^0, p_2^0, \dots, p_r^0)$.

2. Optimality Conditions

To determine the optimality conditions, we give some admissible increment $\Delta p = (\Delta p_1, \Delta p_2, \dots, \Delta p_r)$ of the control p and denote by $\Delta \psi$ the corresponding increment of the function $\psi(t, x, v)$. It is obvious that the function $\Delta \psi(t, x, v)$ is the solution of the boundary-value problem [2]

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Delta \psi}{\partial t} + \rho grad \Delta \psi + \sigma \Delta \psi(t, x, \mathcal{B}) - \eta \nabla^2 \Delta \psi - \xi \frac{\partial^2 \Delta \psi}{\partial z^2} = \\ = \sum_{i=1}^r \Delta p_i(t) \delta(x - x_i) \delta(\mathcal{B} - \mathcal{B}_i) + \frac{\lambda}{m(\Omega)} \int_{\Omega} \Theta(t, x, \mathcal{B}, \mathcal{B}^i) \Delta \psi(t, x, \mathcal{B}) d\Omega. \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\Delta \psi|_{t \leq 0} = 0, \quad \left(\frac{\partial \Delta \psi}{\partial x_n} - \alpha \Delta \psi \right) \Big|_{\Gamma_0 \times \Omega} = 0,$$

$$\Delta \psi|_{\Gamma_{\delta \times \Omega}} = 0 \quad \text{at} \quad (\mathcal{B}, \mathcal{B}^i) < 0, \quad \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x_n} \Big|_{\Gamma_H \times \Omega} = 0 \tag{2.2}$$

By the direct calculations we find that the functional $J[p]$ (see (1.4)) has the increment

$$\begin{aligned} \Delta J[p] = \sum_{i=1}^r \beta_i \left[\int_0^T 2 p_i(t) \Delta p_i(t) dt + \int_0^T [\Delta p_i(t)]^2 dt \right] + \\ + 2 \int_G dG \int_{\Omega} [\psi(T, x, \mathcal{B}) - \psi_i(x, \mathcal{B})] \Delta \psi(T, x, \mathcal{B}) d\Omega + \int_G dG \int_{\Omega} [\Delta \psi(T, x, \mathcal{B})]^2 d\Omega.. \end{aligned} \tag{2.3}$$

Let's consider the arbitrary function $\Phi(t, x, v) \in W_2^{0,1,0}$. Then, obviously that the next equality takes a place,

$$\int_0^T dt \int_G dG \int_{\Omega} \Phi(t, x, \mathcal{B}) \left\{ \frac{\partial \psi}{\partial t} + \mathcal{V} \text{grad} \psi + \sigma \psi - \eta \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_i^2} - \xi \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_n^2} - \sum_{i=1}^r p_i(t) \delta(x - x^i) \delta(\mathcal{B} - \mathcal{B}^i) - \frac{\lambda}{m(\Omega)} \int_{\Omega} \Theta(t, x, \mathcal{B}, \mathcal{B}') \psi(t, x, \mathcal{B}') d\Omega' \right\} d\Omega = 0.$$

Denoting the left hand side of this equality by $A[\Phi, p]$, we obtain

$$\Delta A[\Phi, p] = \int_0^T dt \int_G dG \int_{\Omega} \Phi(t, x, \mathcal{B}) \left\{ \frac{\partial \psi}{\partial t} + \mathcal{V} \text{grad} \psi + \sigma \psi - \eta \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_i^2} - \xi \frac{\partial^2 \psi}{\partial x_n^2} - \sum_{i=1}^r p_i(t) \delta(x - x^i) \delta(\mathcal{B} - \mathcal{B}^i) - \frac{\lambda}{m(\Omega)} \int_{\Omega} \Theta(t, x, \mathcal{B}, \mathcal{B}') \psi(t, x, \mathcal{B}') d\Omega' \right\} d\Omega = 0. \quad (2.4)$$

Integrating by parts, we transform the equality (2.4) to the form of

$$\begin{aligned} & \int_g dG \int_{\Omega} \Delta \psi(T, x, \mathcal{B}) \Phi(T, x, \mathcal{B}) d\Omega + \int_0^T dt \int_G dG \int_{\Omega} \Delta \psi(t, x, \mathcal{B}) \times \\ & \times \left\{ -\frac{\partial \Phi}{\partial t} - \mathcal{V} \text{grad} \Phi + \sigma \Phi - \eta \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_i^2} - \xi \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_n^2} - \frac{\lambda}{m(\Omega)} \int_{\Omega} \Theta(t, x, \mathcal{B}, \mathcal{B}') \Phi(t, x, \mathcal{B}') d\Omega' \right\} \times \\ & \times d\Omega - \sum_{i=1}^r \int_0^T \Delta p_i(t) \Phi(t, x_i, \mathcal{B}_i) dt + \int_0^T dt \int_{\Gamma} d\Gamma \int_{\Omega} \left[\mathcal{V}_n \Delta \psi \Phi - \eta \left(\Phi \frac{\partial \Delta \psi}{\partial \mathcal{B}} - \Delta \psi \frac{\partial \Phi}{\partial \mathcal{B}} \right) \right] d\Omega + \\ & + \int_0^T dt \int_{\Omega} d\Omega \left[\int_{\Gamma_0} \xi \left(\Phi \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x_n^2} - \Delta \psi \frac{\partial \Phi}{\partial x_n^2} \right) - \int_{\Gamma_H} \xi \left(\Phi \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x_n^2} - \Delta \psi \frac{\partial \Phi}{\partial x_n^2} \right) \right] d\Gamma = 0. \end{aligned} \quad (2.5)$$

Here \mathcal{V}_n is a projection of the vector \mathcal{V} to the unit vector \mathcal{H} .

Up to now $\Phi(t, x, \bar{v})$ was the arbitrary function from $W_2^{0,1,0}([0, T] \times G \times \Omega)$. Let's define it now as a generalized solution of the boundary-value problem

Optimum Control in the Problem of Minimization of Harmful Impurities in the Atmosphere...

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \rho \operatorname{grad} \Phi - \sigma \Phi(t, x, \mathcal{P}) + \eta \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_i^2} + \xi \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_n^2} + \\ & + \frac{\lambda}{m(\Omega)} \int_{\Omega} \Theta(t, x, \mathcal{P}', \mathcal{P}) \Phi(t, x, \mathcal{P}') d\Omega' = 0 \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_n} - \alpha \Phi \right) \Big|_{\Gamma_0 \times \Omega} = 0, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial x_n} \Big|_{\Gamma_H \times \Omega} = 0, \quad \Phi \Big|_{\Gamma_0 \times \Omega} = 0 \quad \text{at} \quad (\mathcal{P}, \mathcal{H}) \geq 0$$

$$\Phi(T, x, \mathcal{P}) = -2[\psi(T, x, \mathcal{P}) - \psi_1(x, \mathcal{P})]. \quad (2.7)$$

Taking into account (2.1), (2.2), (2.6), and (2.7), the equality (2.5) can be simplified. Namely, the second term at the left side in (2.5) vanishes due to (2.6). Because of the third equality from conditions (2.2) and the second of the conditions (2.7), and since $\cos(\mathcal{H}, x_1) = \cos(\mathcal{H}, x_2) = \dots = \cos(\mathcal{H}, x_{n-1}) = 0$ and $\mathcal{P}' = 0$ on Γ_0 and Γ_H ,

$$\int_0^T dt \int_{\Gamma} d\Gamma \int_{\Omega} \mathcal{P}' \Delta \psi \Phi d\Omega = 0.$$

By virtue of the second condition in (2.2) and first of the conditions in (2.7), we have

$$\int_0^T dt \int_{\Gamma_0} d\Gamma \int_{\Omega} \left(\Phi \frac{\partial \Delta \psi}{\partial x_n} - \Delta \psi \frac{\partial \Phi}{\partial x_n} \right) d\Omega = 0.$$

In view of the last condition from (2.2) and a penultimate condition from (2.7), the equation (2.5) takes the form of

$$2 \int_G dG \int_{\Omega} \Delta \psi(T, x, \mathcal{P}) [\psi(T, x, \mathcal{P}) - \psi_1(x^i, \mathcal{P}^i)] d\Omega + \sum_{j=1}^r \int_0^T \Delta p_j(t) \Phi(t, x^j, \mathcal{P}^j) dt = 0.$$

From this, by virtue of the last condition from (2.7), it follows that the increment $\Delta J[p]$ of the minimized functional from (2.3) is transformed to the form of

$$\begin{aligned} \Delta J[p] &= \sum_{i=1}^r \int_0^T \Delta p_i(t) [2\beta_i p_i(t) - \Phi(t, x^i, \mathcal{P}^i)] dt + \\ &+ \sum_{i=1}^r \beta_i \int_0^T [\Delta p_i(t)]^2 dt + \int_G dG \int_{\Omega} [\Delta \psi(T, x, \mathcal{P})]^2 d\Omega. \end{aligned} \quad (2.8)$$

Now, applying a technique of the work [3], the following theorem can be proved.

Theorem (principle of the maximum). Necessary and enough condition of optimality of the admissible control $p^0 = (p_1^0, \dots, p_r^0)$ and corresponding to it solution of the boundary-value problem (1.1) - (1.3) is a satisfying by the functions

$$H_i(\Phi(t, x^i, v^i), \psi, p_i) = p_i \Phi(t, x^i, v^i) - \beta_i p_i^2, \quad i=1, \dots, r \quad (2.9)$$

of the conditions

$$H_i(\Phi_i^0, \psi^0, p_i^0) = \max H_i(\Phi_i^0, \psi^0, P_i), \quad i=1, \dots, r, \quad (2.10)$$

where $\Phi_i^0 = \Phi^0(t, x^i, v^i)$, $(i = 1, 2, \dots, r)$ is the solution to the boundary-value problem (2.6) - (2.7) subject to $\psi = \psi_0$.

3. Construction of optimal control

For the optimal control construction, first we assume, that no restrictions are imposed on the domain of admissible control parameters. Then it follows from (2.9), (14) that optimal control $p^0 = (p_1^0, \dots, p_r^0)$ must satisfy the conditions

$$p_i(t) = \frac{1}{2\beta_i} \Phi(t, x^i, v^i), \quad i = 1, \dots, r \quad (3.1)$$

Thus, the problem of construction of optimal control is reduced to the determining of $p^0 = (p_1^0, \dots, p_r^0)$, ψ^0 and Φ^0 from the equations (1.1) - (1.3), (2.1), (2.2) and (2.6), (2.7).

For the simplicity of reasoning henceforward, we assume that $n = 3$ and then $x_1 = x$, $x_2 = y$, $x_3 = z$, and the unit velocity vector in this case is $\vec{v} = (v_1, v_2, v_3)$, where $v_1 = \sin \theta \cos \varphi$, $v_2 = \sin \theta \sin \varphi$, $v_3 = \cos \theta$. We will investigate the boundary-value problem (2.6) - (2.7), where, in accordance with [3, 4], we assume

$$\Theta(t, x, y, z, \zeta, \varphi) = g(\mu_0), \quad \mu_0 = \zeta' \zeta + \sqrt{1 - \zeta'^2} \sqrt{1 - \zeta'^2} \cos(\varphi - \varphi') \quad (3.2)$$

Then the equations (2.6) and (1.1) take the form of

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \sin \theta \cos \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \sin \theta \sin \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial y} + \cos \theta \frac{\partial \Phi}{\partial z} - \eta \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} \right) + \xi \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} + \\ & + \frac{\lambda}{4\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi' \int_{-1}^1 g(\mu_0) \Phi(t, x, y, z, \zeta', \varphi') d\zeta' = 0 \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \psi}{\partial t} + \sin \theta \cos \varphi \frac{\partial \psi}{\partial x} + \sin \theta \sin \varphi \frac{\partial \psi}{\partial y} + \cos \theta \frac{\partial \psi}{\partial z} + \sigma \psi(t, x, y, z, \varphi, \theta) - \\ & - \eta \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} \right) - \xi \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} = \frac{\lambda}{4\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi' \int_{-1}^1 g(\mu_0) \psi(t, x, y, z, \zeta', \varphi') d\zeta' + \quad (3.4) \\ & + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \frac{1}{\beta_i} \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi, \theta) \delta(x - x^i, y - y^i, z - z^i) \delta(\varphi - \varphi^i, \theta - \theta^i) \end{aligned}$$

We apply the spherical harmonics method to equation (3.3). For that, we consider the system of spherical functions [4] :

$$C_k^0 = P_k^0(\cos \theta), \quad C_k^m = P_k^m(\cos \theta) \cos m\varphi, \quad S_k^m = P_k^m(\cos \theta) \sin m\varphi \quad (3.5)$$

$k = 0, 1, 2, \dots; m = 0, 1, 2, \dots, k$.

Here

$$P_k^0(\mu) = P_k(\mu) = \frac{1}{2^k k!} \frac{d^k}{d\mu^k} [(\mu^2 - 1)^k] \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (3.6)$$

are Legendre polynomials [5],

$$P_k^m(\mu) = (1 - \mu^2)^{m/2} \frac{d^m P_k(\mu)}{d\mu^m} = \frac{(1 - \mu^2)^{m/2}}{2^k k!} \frac{d^{k+m}}{d\mu^{k+m}} [(\mu^2 - 1)^k] \quad k = 0, 1, 2, \dots; m = 0, 1, 2, \dots, k \quad (3.7)$$

are the attached Legendre polynomials [4, 5]. It is known, that functions (3.6) and (3.7) satisfy the orthogonally conditions of on the interval $[-1, 1]$,

$$\int_{-1}^1 P_k^m(\mu) P_j^m(\mu) d\mu = \frac{2}{2k+1} \frac{(k+m)!}{(k-m)!} \delta_k^j, \quad \text{where } \delta_k^j = \begin{cases} 1, & j = k \\ 0, & j \neq k \end{cases} \quad (3.8)$$

Function $g(\mu_0)$ can be presented as (see (3.2))

$$g(\mu_0) = \frac{1}{2} \sum_{k=0}^{\infty} (2k+1) g_k P_k(\mu_0) \quad \text{where } g_k = \int_{-1}^1 P_k(\mu_0) g(\mu_0) d\mu_0 \quad (3.9)$$

Here

$$P_k(\mu_0) = P_k(\zeta) P_k(\zeta') + 2 \sum_{j=1}^k \frac{(k-j)!}{(k+j)!} P_k^j(\zeta) P_k^j(\zeta') \cos(\varphi - \varphi') \quad (3.10)$$

Solution of the equation (3.3) will be found in the form of

$$\Phi = \frac{1}{2\pi} \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^k \frac{2k+1}{1+\delta_m^0} \frac{(k-m)!}{(k+m)!} C_k^m A_k^m + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^k (2k+1) \frac{(k-m)!}{(k-m)!} S_k^m B_k^m \right\} \quad (3.11)$$

where C_k^m , S_k^m are determined by formulas (3.5) - (3.7), and A_k^m , B_k^m are unknown functions of arguments t, x, y, z .

The system of spherical functions (3.5) forms the orthogonal functions on the unit sphere and complete function set in the Hilbert space. Therefore any continuous function $\Phi(t, x, y, z, \varphi, \theta)$ can be decomposed on the spherical functions to any accuracy. In the decomposition (3.11), coefficients are defined by means of the integrals

$$\begin{aligned} A_k^0 &= \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^0(\mu) \Phi d\mu, & A_k^m &= \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^m(\mu) \cos m\varphi \Phi d\mu, \\ B_k^m &= \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^m(\mu) \sin m\varphi \Phi d\mu \end{aligned} \quad (3.12)$$

For convenience, we present function (3.11) as

$$\Phi = \frac{1}{4\pi} \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} (2k+1) P_k^0(\zeta) A_k^0 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} (2k+1) \sum_{m=1}^k \frac{(k-m)!}{(k+m)!} P_k^m(\zeta) (A_k^m \cos m\varphi + B_k^m \sin m\varphi) \right\}$$

Using this function and equalities (3.8) - (3.10), integral term in the equation (3.3) can be transformed to

$$\begin{aligned} J &= \frac{\lambda}{4\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi' \int_{-1}^1 g(\mu_0) \Phi(t, x, y, z, \varphi', \zeta') d\zeta' = \frac{\lambda}{8\pi} \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i P_i^0(\mu) A_i^0 + \right. \\ &\left. + 2 \sum_{i=1}^{\infty} (2i+1) g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} P_i^j(\mu) (A_i^j \cos j\varphi + B_i^j \sin j\varphi) \right\} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Now, the equation (3.3) can be presented as

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \sqrt{1-\mu^2} \cos \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \sqrt{1-\mu^2} \sin \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial y} + \mu \theta \frac{\partial \Phi}{\partial z} - \sigma \Phi + \eta \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} \right) + \xi \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} + \\ + \frac{\lambda}{8\pi} \left\{ \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i P_i^0(\mu) A_i^0 + 2 \sum_{i=1}^{\infty} (2i+1) g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} P_i^j(\mu) (A_i^j \cos j\varphi + B_i^j \sin j\varphi) \right\} = 0 \end{aligned} \quad (3.14)$$

Optimum Control in the Problem of Minimization of Harmful Impurities in the Atmosphere...

Equation (3.14) can be reduced to the system of differential equations with respect to A_k^m , B_k^m , ($k = 0, 1, 2, K$, $m = 0, 1, K$, k). For that, we multiply the equation (3.14) in turn by $P_k^0(\mu)$, ($k = 0, 1, 2, K$), $C_k^m = P_k^m(\mu)\cos m\varphi$, and $S_k^m = P_k^m(\mu)\sin m\varphi$ ($k = 0, 1, 2, K$, $m = 0, 1, K$, k), and integrate with respect to angular variables φ and μ in the limits from 0 up to 2π and from -1 up to 1, respectively. The following recurrence relation from [4, 5] are used:

$$\begin{aligned} (2k+1)\mu P_k^m(\mu) &= (k-m+1)P_{k+1}^m(\mu) + (k+m)P_{k-1}^m(\mu), \\ \sqrt{1-\mu^2} P_k^m(\mu) &= \frac{1}{2k+1} [P_{k+1}^{m+1}(\mu) - P_{k-1}^{m+1}(\mu)], \\ \sqrt{1-\mu^2} P_k^m(\mu) &= \frac{1}{2k+1} [(k+m)(k+m-1)P_{k-1}^{m-1}(\mu) - (k-m+1)(k-m+2)P_{k+1}^{m-1}(\mu)], \\ 0 \leq m &\leq k-1 \end{aligned} \quad (3.15)$$

So, we multiply (3.14) by $P_k(\mu) = P_k^0(\mu)$ and integrate a result with respect to variables φ and μ . Then, by virtue of the first of the formulas (3.12), we get

$$\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \frac{\partial \Phi}{\partial t} P_k^0(\mu) d\mu = \frac{\partial}{\partial t} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi P_k^0(\mu) d\mu = \frac{\partial A_k^0}{\partial t} \quad (3.16)$$

Thus, we have found a transformation of the first term in the equation (3.14).

The second term of this equation will be equal to

$$\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \cos \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial x} P_k^0(\mu) d\mu = \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial x} (A_{k+1}^1 + A_{k-1}^1) \quad (3.17)$$

Here, we used the first two formulae in (3.12), and the second identity from (3.15):

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} P_k^0(\mu) \cos \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial x} d\mu &= \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \frac{1}{2k+1} [P_{k+1}^1(\mu) - P_{k-1}^1(\mu)] \cos \varphi \Phi d\mu = \\ &= \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial x} \left[\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_{k+1}^1(\mu) \cos \varphi \Phi d\mu - \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_{k-1}^1(\mu) \cos \varphi \Phi d\mu \right] = \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial x} (A_{k+1}^1 + A_{k-1}^1) \end{aligned}$$

The third term is treated by the similar way,

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} P_k^0(\mu) \sin \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial y} d\mu &= \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial y} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 [P_{k+1}^1(\mu) - P_{k-1}^1(\mu)] \sin \varphi \Phi d\mu = \\ &= \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial y} \left[\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_{k+1}^1(\mu) \sin \varphi \Phi d\mu - \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_{k-1}^1(\mu) \sin \varphi \Phi d\mu \right] \end{aligned}$$

As a result, we have

$$\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} P_k^0(\mu) \sin \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial y} d\mu = \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial y} (B_{k+1}^1 - B_{k-1}^1)$$

Now, we consider the fourth term of that equation. We use the first identity from (3.14) for $m=0$:

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \mu P_k^0(\mu) \frac{\partial \Phi}{\partial z} d\mu &= \frac{1}{2k+1} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \frac{\partial \Phi}{\partial z} [(k+1)P_{k+1}^0(\mu) + kP_{k-1}^0(\mu)] d\mu = \\ &= \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (k+1) \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi P_{k+1}^0(\mu) d\mu + k \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi P_{k-1}^0(\mu) d\mu \right\} = \\ &= \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial z} \left\{ (k+1)A_{k+1}^0 + kA_{k-1}^0 \right\} \end{aligned} \quad (3.18)$$

The fifth, sixth, seventh and eighth terms contain constant coefficients, therefore they are transformed to the following expression,

$$-\sigma A_n^0 + \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) A_k^0 + \xi \frac{\partial^2 A_k^0}{\partial z^2} \quad (3.19)$$

Now we consider the next term,

$$\begin{aligned} \frac{\lambda}{8\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^0(\mu) \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i P_i^0(\mu) A_i^0 d\mu &= \frac{\lambda}{8\pi} 2\pi \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i A_i^0 \int_{-1}^1 P_k^0(\mu) P_i^0(\mu) d\mu = \\ &= \frac{\lambda}{4} \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i A_i^0 \frac{2}{2k+1} \delta_k^i = \frac{\lambda}{4} (2k+1) g_k A_k^0 \frac{2}{2k+1} = \frac{\lambda}{2} g_k A_k^0 \quad (k=0,1,2,\dots) \end{aligned}$$

Combining the formulae (3.15) - (3.19) and $\frac{\lambda}{2} g_k A_k^0$, we obtain the system with respect to A_k^0, A_k^1, B_k^1 ,

$$\begin{aligned} & \frac{\partial A_k^0}{\partial t} + \frac{1}{2k+1} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (A_{k+1}^1 - A_{k-1}^1) + \frac{\partial}{\partial y} (B_{k+1}^1 - B_{k-1}^1) + \frac{\partial}{\partial x} ((k+1)A_{k+1}^0 + kA_{k-1}^0) \right\} + \\ & + \left(\frac{\lambda}{2} g_k - \sigma \right) A_k^0 + \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) A_k^0 + \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} A_k^0 = 0, \quad k = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (3.20)$$

Let's multiply now equation (3.14) by $C_k^m = P_k^m(\mu) \cos m\varphi$ for $(k = 0, 1, 2, \dots, m = 0, 1, 2, \dots, k)$ and integrate the result with respect to φ and μ from 0 to 2π and from -1 to 1, respectively. As a result, the first term takes a form of $\frac{\partial}{\partial t} A_k^m$. To find expression for the second term, we use the second and third of identities (3.14),

$$\begin{aligned} & \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \cos \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial x} P_k^m(\mu) \cos m\varphi d\mu d\varphi = \\ & = \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 \Phi \sqrt{1-\mu^2} P_k^m(\mu) \frac{1}{2} [\cos(m+1)\varphi + \cos(m-1)\varphi] d\mu d\varphi = \\ & = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 \Phi \frac{1}{2k+1} [P_{k+1}^{m+1}(\mu) - P_{k-1}^{m+1}(\mu)] \cos(m+1)\varphi d\mu d\varphi + \\ & + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 \Phi \frac{1}{2k+1} [(k+m)(k+m-1)P_{k-1}^{m-1}(\mu) - \\ & - (k-m+1)(k-m+2)P_{k+1}^{m-1}(\mu)] \cos(m-1)\varphi d\mu d\varphi = \\ & = \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} (A_{k+1}^{m+1} - A_{k-1}^{m+1}) + \\ & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} [(k+m)(k+m-1)A_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)A_{k+1}^{m-1}] \end{aligned}$$

Let's transform the third term in the equation (3.14),

$$\begin{aligned} & \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \sin \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial y} P_k^m(\mu) \cos m\varphi d\mu = \\ & = \frac{\partial}{\partial y} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} P_k^m(\mu) \Phi \sin \varphi \cos m\varphi d\mu = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\partial}{\partial y} \left[\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} P_k^m(\mu) \Phi \frac{1}{2} [\sin(m+1)\varphi - \sin(m-1)\varphi] d\mu \right] = \\
&= \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{2k+1} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi [P_{k+1}^{m+1}(\mu) - P_{k-1}^{m+1}(\mu)] \sin(m+1)\varphi d\mu - \\
&- \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{2k+1} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi [(k+m)(k+m-1)P_{k-1}^{m-1}(\mu) - \\
&- (k-m+1)(k-m+2)P_{k+1}^{m-1}(\mu)] \sin(m-1)\varphi d\mu = \\
&= \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{2k+1} [B_{k+1}^{m+1} - B_{k-1}^{m+1}] - \\
&- \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial y} \frac{1}{2k+1} [(k+m)(k+m-1)B_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)B_{k+1}^{m-1}]
\end{aligned}$$

Now we transform the fourth item in the equation (3.14), using the first of identities (3.15):

$$\begin{aligned}
&\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \mu \frac{\partial \Phi}{\partial z} P_k^m(\mu) \cos m\varphi d\mu = \\
&= \frac{1}{2k+1} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \frac{\partial \Phi}{\partial z} [(k-m+1)P_{k+1}^m(\mu) + (k+m)P_{k-1}^m(\mu)] \cos m\varphi d\mu = \\
&= \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial z} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 [(k-m+1)P_{k+1}^m(\mu) + (k+m)P_{k-1}^m(\mu)] \Phi \cos m\varphi d\mu = \\
&= \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial z} \{ (k-m+1)A_{k+1}^m + (k+m)A_{k-1}^m \}
\end{aligned}$$

The fifth-eight terms in the equation (3.13) take the form of

$$\left[-\sigma + \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) + \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] A_k^m$$

Now we find the last term at the left hand side of the equation (3.14):

Optimum Control in the Problem of Minimization of Harmful Impurities in the Atmosphere...

$$\begin{aligned}
 & \frac{\lambda}{8\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^m(\mu) \cos m\varphi \left[\sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i P_i^0(\mu) \cos 0\varphi A_i^0 + \right. \\
 & \left. + 2 \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} P_i^j(\mu) (A_i^j \cos j\varphi + B_i^j \sin j\varphi) \right] d\mu = \\
 & = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{\lambda}{8\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^m(\mu) \cos m\varphi P_i^0(\mu) \cos 0\varphi d\mu (2i+1) g_i A_i^0 + \\
 & + \frac{\lambda}{8\pi} 2 \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 d\mu P_k^m(\mu) \times \\
 & \times \cos m\varphi P_i^j(\mu) (A_i^j \cos j\varphi + B_i^j \sin j\varphi) = \\
 & = \frac{\lambda}{4\pi} \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} \int_{-1}^1 P_k^m(\mu) P_i^m(\mu) d\mu \delta_m^j = \\
 & = \frac{\lambda}{4\pi} \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i \frac{(i-m)!}{(i+m)!} \frac{2}{2k+1} \delta_k^i A_i^m = \frac{\lambda}{2} g_k \frac{(k-m)!}{(k+m)!} A_k^m
 \end{aligned}$$

Thus, we have a system for determining of A_k^m and B_k^m ,

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial}{\partial t} A_k^m + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} (A_{k+1}^{m+1} - A_{k-1}^{m+1}) + \\
 & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} [(k+m)(k+m-1)A_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)A_{k+1}^{m-1}] + \\
 & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} (B_{k+1}^{m+1} - B_{k-1}^{m+1}) - \\
 & - \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} [(k+m)(k+m-1)B_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)B_{k+1}^{m-1}] + \\
 & + \frac{1}{(2k+1)} \frac{\partial}{\partial z} [(k-m+1)A_{k+1}^m + (k+m)A_{k-1}^m] + \left[\eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) + \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \sigma \right] A_k^m + \\
 & + \frac{\lambda}{2} g_k \frac{(k-m)!}{(k+m)!} A_k^m = 0, \quad k=1,2,\dots, \quad m=1,2,\dots, k; \tag{3.21}
 \end{aligned}$$

Let's multiply the equation (3.14) by $S_k^m = P_k^m(\mu) \sin m\varphi$, ($k=1,2,\dots; m=1,2,\dots,k$) and integrate with respect to φ and μ from 0 to 2π and from -1 to 1, accordingly.

Clearly that $\frac{\partial \Phi}{\partial t}$ is transformed to $\frac{\partial}{\partial t} B_k^m$, ($k=1,2,\dots; m=1,2,\dots,k$). Then,

$$\begin{aligned}
& \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \cos \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial x} P_k^m(\mu) \sin m\varphi d\mu = \\
& = \frac{\partial}{\partial x} \left[\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} P_k^m(\mu) \Phi \frac{1}{2} [\sin(m+1)\varphi + \sin(m-1)\varphi] d\mu \right] = \\
& = \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi [P_{k+1}^{m+1}(\mu) - P_{k-1}^{m+1}(\mu)] \sin(m+1)\varphi d\mu + \quad (3.22) \\
& + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi [(k+m)(k+m-1)P_{k-1}^{m-1}(\mu) - \\
& - (k-m+1)(k-m+2)P_{k+1}^{m-1}(\mu)] \sin(m-1)\varphi d\mu = \\
& = \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} [B_{k+1}^{m+1} - B_{k-1}^{m+1}] + \\
& + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} [(k+m)(k+m-1)B_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)B_{k+1}^{m-1}]
\end{aligned}$$

Further we have:

$$\begin{aligned}
& \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \sin \varphi \frac{\partial \Phi}{\partial y} P_k^m(\mu) \sin m\varphi d\mu = \\
& = \frac{\partial}{\partial y} \left[\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} P_k^m(\mu) \Phi \frac{1}{2} [\cos(m-1)\varphi - \cos(m+1)\varphi] d\mu \right] = \quad (3.23) \\
& = \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi [(k+m)(k+m-1)P_{k-1}^{m-1}(\mu) - \\
& - (k-m+1)(k-m+2)P_{k+1}^{m-1}(\mu)] \cos(m-1)\varphi d\mu - \\
& - \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi [P_{k+1}^{m+1}(\mu) - P_{k-1}^{m+1}(\mu)] \cos(m+1)\varphi d\mu = \\
& = \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} [(k+m)(k+m-1)A_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)A_{k+1}^{m-1}] - \\
& - \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} [A_{k+1}^{m+1} - A_{k-1}^{m+1}]
\end{aligned}$$

Then we have:

$$\begin{aligned}
 & \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \mu \frac{\partial \Phi}{\partial z} P_k^m(\mu) \sin m\varphi d\mu = \\
 & = \frac{\partial}{\partial z} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \Phi \frac{1}{2k+1} [(k-m+1)P_{k+1}^m(\mu) + (k+m)P_{k-1}^m(\mu)] \sin m\varphi d\mu = \\
 & = \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial z} \{ (k-m+1)B_{k+1}^m + (k+m)B_{k-1}^m \} \quad (3.24)
 \end{aligned}$$

The fifth-eighth terms from the equation (3.13) are transformed to the next form,

$$\left[-\sigma + \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) + \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] B_k^m. \quad (3.25)$$

Finally, the last term in the equation (3.14) is transformed to

$$\begin{aligned}
 & \frac{\lambda}{8\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 d\mu \left[\sum_{i=0}^{\infty} (2i+1)g_i P_i^0(\mu) A_i^0 + \right. \\
 & \left. + 2 \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1)g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} P_i^j(\mu) (A_i^j \cos j\varphi + B_i^j \sin j\varphi) \right] P_k^m(\mu) \sin m\varphi = \\
 & = \frac{\lambda}{4\pi} \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1)g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 P_i^j(\mu) B_i^j P_k^m(\mu) \sin j\varphi \sin m\varphi d\varphi d\mu = \\
 & = \frac{\lambda}{4\pi} \pi \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1)g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} B_i^j \int_{-1}^1 P_i^j(\mu) P_k^m(\mu) d\mu \delta_m^j = \\
 & = \frac{\lambda}{4} \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1)g_i \frac{(i-m)!}{(i+m)!} B_i^m \int_{-1}^1 P_i^m(\mu) P_k^m(\mu) d\mu = \frac{\lambda}{2} g_k \frac{(k-m)!}{(k+m)!} B_k^m \quad (3.26)
 \end{aligned}$$

Combining all of these expressions, we obtain the another one system with respect to A_k^m , B_k^m ,

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial}{\partial t} B_k^m + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} (B_{k+1}^{m+1} - B_{k-1}^{m+1}) + \\
 & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} [(k+m)(k+m-1)B_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)B_{k+1}^{m-1}] + \\
 & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} [(k+m)(k+m-1)A_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)A_{k+1}^{m-1}] -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& -\frac{1}{2(2k+1)}\frac{\partial}{\partial y}(A_{k+1}^{m+1}-A_{k-1}^{m+1})+\frac{1}{(2k+1)}\frac{\partial}{\partial z}[(k-m+1)B_{k+1}^m+(k+m)B_{k-1}^m]+ \\
& +\left[\eta\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)+\xi\frac{\partial^2}{\partial z^2}-\sigma\right]B_k^m+\frac{\lambda}{2}g_k\frac{(k-m)!}{(k+m)!}B_k^m=0, \quad (3.27)
\end{aligned}$$

$$k=1,2,\dots, \quad m=1,2,\dots,k;$$

4. Derivation of the spherical harmonics method equations for the initial state

Let us rewrite equation (3.4) in the form of

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial\psi}{\partial t}+\sqrt{1-\mu^2}\cos\varphi\frac{\partial\psi}{\partial x}+\sqrt{1-\mu^2}\sin\varphi\frac{\partial\psi}{\partial y}+\mu\frac{\partial\psi}{\partial z}+ \\
& \left[\sigma-\eta\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}\right)-\xi\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]\psi(t,x,y,z,\varphi,\theta)= \\
& =\frac{\lambda}{4\pi}\int_0^{2\pi}d\varphi'\int_{-1}^1g(\mu_0)\psi(t,x,y,z,\zeta',\varphi')d\zeta'+ \\
& +\frac{1}{2}\sum_{i=1}^r\frac{1}{\beta_i}\Phi(t,x^i,y^i,z^i,\varphi,\theta)\delta(x-x^i,y-y^i,z-z^i)\delta(\varphi-\varphi^i,\theta-\theta^i). \quad (4.1)
\end{aligned}$$

In order to apply a spherical harmonics method to this equation, we multiply (4.1) by spherical functions (3.5) and integrate the result with respect to φ and μ by turns, within the limits from 0 to 2π and from -1 to 1 , respectively. We use again the recurrence relations (3.15).

First, we decompose function $\psi(t,x,y,z,\varphi,\theta)$ on the spherical functions (3.5),

$$\psi=\frac{1}{4\pi}\left\{\sum_{k=0}^{\infty}(2k+1)P_k^0(\zeta)a_k^0+2\sum_{k=1}^{\infty}(2k+1)\sum_{m=1}^k\frac{(k-m)!}{(k+m)!}P_k^m(\zeta)(a_k^m\cos m\varphi+b_k^m\sin m\varphi)\right\}, \quad (4.2)$$

where decomposition coefficients are determined according with the formulae

$$\begin{aligned}
a_k^0 & =\int_0^{2\pi}d\varphi\int_{-1}^1P_k^0(\mu)\psi d\mu, & a_k^m & =\int_0^{2\pi}d\varphi\int_{-1}^1P_k^m(\mu)\psi\cos m\varphi d\mu, \\
b_k^m & =\int_0^{2\pi}d\varphi\int_{-1}^1P_k^m(\mu)\psi\sin m\varphi d\mu
\end{aligned} \quad (4.3)$$

Optimum Control in the Problem of Minimization of Harmful Impurities in the Atmosphere...

Multiplying (4.1) by $P_k(\mu) = P_k^0(\mu)$ and integrating with respect to the variables φ and μ , analogically with (3.16), we get

$$\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \frac{\partial \psi}{\partial t} P_k^0(\mu) d\mu = \frac{\partial}{\partial t} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \psi P_k^0(\mu) d\mu = \frac{\partial a_k^0}{\partial t} \quad (4.4)$$

Analogically with (3.17), we have

$$\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \frac{\partial \psi}{\partial x} P_k^0(\mu) \cos \varphi d\mu = \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial x} (a_{k+1}^1 - a_{k-1}^1) \quad (4.5)$$

The third term of the equation (4.1) takes a form of

$$\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \frac{\partial \psi}{\partial y} P_k^0(\mu) \sin \varphi d\mu = \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial y} (b_{k+1}^1 - b_{k-1}^1). \quad (4.6)$$

We rewrite the next term by analogy with (3.18),

$$\int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \mu P_k^0(\mu) \frac{\partial \psi}{\partial z} d\mu = \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial z} \{(k+1)a_{k+1}^0 + ka_{k-1}^0\}. \quad (4.7)$$

By analogy with (3.18), we obtain

$$\left[\sigma - \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) - \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] a_k^0. \quad (4.8)$$

The first term from the right hand side in the equation (4.1) is transformed to the form of

$$\begin{aligned} \frac{\lambda}{8\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^0(\mu) \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i P_i^0(\mu) a_i^0 d\mu &= \frac{\lambda}{8\pi} 2\pi \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i a_i^0 \int_{-1}^1 P_k^0(\mu) P_i^0(\mu) d\mu = \\ &= \frac{\lambda}{4} \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i a_i^0 \frac{2}{2k+1} \delta_k^i = \frac{\lambda}{4} (2k+1) g_k a_k^0 \frac{2}{2k+1} = \frac{\lambda}{2} g_k a_k^0 \end{aligned} \quad (4.9)$$

Now, we turn to the transformation of the second from the right term of the equation (4.1).

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \frac{1}{\beta_i} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^0(\mu) \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi, \theta) \delta(\varphi - \varphi^i, \theta - \theta^i) d\mu \delta(x - x^i, y - y^i, z - z^i) = \\ & = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \frac{1}{\beta_i} \delta(x - x^i, y - y^i, z - z^i) P_k^0(\mu^i) \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi^i, \theta^i), \end{aligned} \quad (4.10)$$

where

$$P_k^0(\mu^i) \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi^i, \theta^i) = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^0(\mu) \delta(\varphi - \varphi^i, \theta - \theta^i) d\mu, \quad (4.11)$$

From (4.4) - (4.10), we get the system of equations for determining of $a_k^0, a_k^1, b_k^0, b_k^1$,

$$\begin{aligned} & \frac{\partial a_k^0}{\partial t} + \frac{1}{2k+1} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} (a_{k+1}^1 - a_{k-1}^1) + \frac{\partial}{\partial y} (b_{k+1}^1 - b_{k-1}^1) + \frac{\partial}{\partial x} ((k+1)a_{k+1}^0 + ka_{k-1}^0) \right\} + \\ & + \left[\frac{\lambda}{2} g_k - \sigma + \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) + \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] a_k^0 = \\ & = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \frac{1}{\beta_i} \delta(x - x^i, y - y^i, z - z^i) P_k^0(\mu^i) \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi^i, \theta^i), \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots \end{aligned} \quad (4.12)$$

Now, we multiply equation (4.1) by $C_k^m = P_k^m(\mu) \cos m\varphi$ for $(k = 0, 1, 2, \dots; m = 1, 2, \dots, k)$ and integrate it with respect to φ and μ over the limits from 0 to 2π and from -1 to 1, respectively. As a result, we obtain the first term in the form of $\frac{\partial}{\partial t} a_k^m$. To find the expression for the second term, we use the previous reasoning for the A_k^m, B_k^m ,

$$\begin{aligned} & \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \cos \varphi \frac{\partial \psi}{\partial x} P_k^m(\mu) \cos m\varphi d\mu d\varphi = \\ & = \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} \left\{ (a_{k+1}^{m+1} - a_{k-1}^{m+1}) + [(k+m)(k+m-1)a_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)a_{k+1}^{m-1}] \right\} \end{aligned} \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} & \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 \sqrt{1-\mu^2} \sin \varphi \frac{\partial \psi}{\partial y} P_k^m(\mu) \cos m\varphi d\mu = \\ & = \frac{1}{2} \frac{1}{2k+1} \frac{\partial}{\partial y} \left\{ [b_{k+1}^{m+1} - b_{k-1}^{m+1}] - [(k+m)(k+m-1)b_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)b_{k+1}^{m-1}] \right\} \end{aligned} \quad (4.14)$$

The fifth term in the equation (4.1) turns to

$$\left[\sigma - \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) - \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right] a_k^m \quad (4.15)$$

By analogy with (3.14), the last from the right term in the equation (4.1) takes a form of

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda}{8\pi} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^m(\mu) \cos m\varphi \left[\sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i P_i^0(\mu) \cos 0\varphi a_i^0 + \right. \\ & \left. + 2 \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i \sum_{j=1}^i \frac{(i-j)!}{(i+j)!} P_i^j(\mu) (a_i^j \cos j\varphi + a_i^j \sin j\varphi) \right] d\mu = \quad (4.16) \\ & = \frac{\lambda}{4\pi} \sum_{i=0}^{\infty} (2i+1) g_i \frac{(i-m)!}{(i+m)!} \frac{2}{2k+1} \delta_k^i a_i^m = \frac{\lambda}{2} g_k \frac{(k-m)!}{(k+m)!} a_k^m \end{aligned}$$

By analogy with (4.10), we transform the first term of (4.1),

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \frac{1}{\beta_i} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-1}^1 P_k^m(\mu) \cos m\varphi \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi, \theta) \delta(\varphi - \varphi^i, \theta - \theta^i) d\mu \delta(x - x^i, y - y^i, z - z^i) = \\ & = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \frac{1}{\beta_i} \delta(x - x^i, y - y^i, z - z^i) P_k^m(\mu^i) \cos m\varphi^i \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi^i, \theta^i) \end{aligned}$$

Taking this into account and combining (4.12) – (4.16), we have

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} a_k^m + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} (a_{k+1}^{m+1} - a_{k-1}^{m+1}) + \\ & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} [(k+m)(k+m-1)a_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)a_{k+1}^{m-1}] + \\ & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} \{ (b_{k+1}^{m+1} - b_{k-1}^{m+1}) - [(k+m)(k+m-1)b_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)b_{k+1}^{m-1}] \} + \\ & + \frac{1}{(2k+1)} \frac{\partial}{\partial z} [(k-m+1)a_{k+1}^m + (k+m)a_{k-1}^m] + \left[\sigma - \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) - \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{\lambda}{2} g_k \frac{(k-m)!}{(k+m)!} \right] a_k^m = \\ & = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \frac{1}{\beta_i} \delta(x - x^i, y - y^i, z - z^i) P_k^m(\mu^i) \cos m\varphi^i \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi^i, \theta^i), \quad (4.17) \\ & k = 1, 2, 3, \dots; m = 1, 2, 3, \dots, m. \end{aligned}$$

Now, we multiply equation (4.1) by $S_k^m = P_k^m(\mu)\sin m\varphi$ for $(k = 0, 1, 2, \dots; m = 1, 2, \dots, k)$ and integrate the result over the limits from 0 to 2π and from -1 to 1 with respect to φ and μ , respectively. Repeating last reasoning, we obtain a system with respect to a_k^m, b_k^m :

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x} b_k^m + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial x} \{ (b_{k+1}^{m+1} - b_{k-1}^{m+1}) + [(k+m)(k+m-1)b_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)b_{k+1}^{m-1}] \} + \\ & + \frac{1}{2(2k+1)} \frac{\partial}{\partial y} \{ [(k+m)(k+m-1)a_{k-1}^{m-1} - (k-m+1)(k-m+2)a_{k+1}^{m-1}] - (a_{k+1}^{m+1} - a_{k-1}^{m+1}) \} + \\ & + \frac{1}{(2k+1)} \frac{\partial}{\partial z} [(k-m+1)b_{k+1}^m + (k+m)b_{k-1}^m] + \left[\sigma - \eta \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) - \xi \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \frac{\lambda}{2} g_k \frac{(k-m)!}{(k+m)!} \right] b_k^m = \\ & = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^r \frac{1}{\beta_i} \delta(x-x^i, y-y^i, z-z^i) P_k^m(\mu^i) \sin m\varphi^i \Phi(t, x^i, y^i, z^i, \varphi^i, \theta^i), k=1, 2, 3, \dots, m=1, 2, 3, \dots, k \end{aligned} \quad (4.18)$$

Equations derived from the boundary conditions for (1.1) and (2.6), namely the equations (3.3) и (3.4), written not for general n -dimensional case, but for the $n=3$, should be added to the equations (3.2), (3.21), (3.27), (4.12), (4.17) and (4.18). Since the domain G in this particular case of three-dimensional space R^3 represents the region with the boundary Γ of the form of a cylinder with the bases Γ_0 and Γ_H ($z=0$ and $z=H$), and lateral surface Γ_l ($x^2 + y^2 = \rho^2$ with ρ being the radius of the cylinder Γ), we have

$$\left(\frac{\partial \psi}{\partial z} - \alpha \psi \right) \Big|_{z=0} = 0, \quad \frac{\partial \psi}{\partial z} \Big|_{z=H} = 0, \quad \psi(t, x, y, z, \varphi, \xi) \Big|_{\Gamma_l} = 0 \quad \text{for } -1 < \mu < 0 \quad (4.19)$$

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial z} - \alpha \Phi \right) \Big|_{z=0} = 0, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial z} \Big|_{z=H} = 0, \quad \Phi(t, x, y, z, \varphi, \xi) \Big|_{\Gamma_l} = 0 \quad \text{for } 1 > \mu > 0 \quad (4.20)$$

Here, μ is determined by the second of the equations (3.2). Conditions on the ends of the control time interval $[0, T]$ take the form of

$$\psi(t, x, y, z, \varphi, \xi) \Big|_{t \leq 0} = \psi^0(x, y, z, \varphi, \xi) \quad (4.21)$$

Optimum Control in the Problem of Minimization of Harmful Impurities in the Atmosphere...

$\Phi(T, x, y, z, \varphi, \xi) = -2[\psi(T, x, y, z, \varphi, \xi) - \psi_1(x, y, z, \varphi, \xi)]$ (4.22) Boundary conditions (4.19) – (4.22) for coefficients A_k^m , B_k^m and a_k^m , b_k^m ($k=0, 1, 2, \dots; m = 0, 1, 2, \dots, k$) in decompositions (3.11) и (4.2) of functions $\Phi(t, x, y, z, \varphi, \xi)$ and $\psi(t, x, y, z, \varphi, \xi)$ on spherical functions (3.5) have the form of

$$\left(\frac{\partial A_k^m}{\partial z} - \alpha A_k^m\right)\Big|_{z=0} = \left(\frac{\partial B_k^m}{\partial z} - \alpha B_k^m\right)\Big|_{z=0} = 0, \quad \frac{\partial A_k^m}{\partial z}\Big|_{z=H} = \frac{\partial B_k^m}{\partial z}\Big|_{z=H} = 0,$$

$$A_k^m(t, x, y, z, \varphi, \xi)\Big|_{\Gamma_\delta} = B_k^m(t, x, y, z, \varphi, \xi)\Big|_{\Gamma_\delta} = 0 \quad \text{for } 1 > \mu > 0 \quad (4.23)$$

To derive the conditions, similar to (1.2) и (4.20) for decomposition coefficients (3.2) и (4.2), on the ends of the control time interval $[0, T]$, the functions $\psi_0(x, y, z, \varphi, \xi)$ and $\psi_1(x, y, z, \varphi, \xi)$ from (1.2) and (4.20) must be decomposed on spherical functions (3.5),

$$\psi_i(x, y, z, \varphi, \xi) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^k \frac{2k+1}{1+\delta_m^0} \frac{(k-m)!}{(k+m)!} C_k^m a_{ik}^m + \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^k (2k+1) \frac{(k-m)!}{(k-m)!} S_k^m b_{ik}^m \right\}$$

Here a_{ik}^m, b_{ik}^m are Fourier coefficients of functions $\psi_0(x, y, z, \varphi, \xi)$ and $\psi_1(x, y, z, \varphi, \xi)$:

$$a_{ik}^m = \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 \psi_i(x, y, z, \varphi, \xi) P_k^m(\mu) \cos m\varphi d\mu, \quad b_{ik}^m = \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 \psi_i(x, y, z, \varphi, \xi) P_k^m(\mu) \sin m\varphi d\mu,$$

where $i = 0, 1$. Now, from (3.2), (4.2), (4.19) - (4.23), it follows that

$$a_k^m(t, x, y, z)\Big|_{t \leq 0} = a_{0k}^m(x, y, z), \quad b_k^m(t, x, y, z)\Big|_{t \leq 0} = b_{0k}^m(x, y, z), \quad (4.24)$$

$$\begin{aligned} A_k^m(T, x, y, z) &= -2[a_k^m(T, x, y, z) - a_{1k}^m(x, y, z)], \\ B_k^m(T, x, y, z) &= -2[b_k^m(T, x, y, z) - b_{1k}^m(x, y, z)], \end{aligned} \quad (4.25)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots; m = 0, 1, 2, \dots, k.$$

Thus, optimal control functions $p_i(t)$, ($i = 1, 2, \dots, r$) in the problem of minimization of pollution of the environment by detrimental impurities particles, where the performance criterion has a form of integral quadratic functional (1.4), are determined according with formulae (3.1). In particular, in the case of R^3 , function from these

formulae, are transformed into function $\Phi(t, x, y, z, \varphi, \xi)$, which is determined as a solution of the equations (3.3) and (3.4) subject to the boundary conditions (4.19) – (4.22). Method of spherical harmonics [3, 4, 6, 9] of this problem is reduced to the infinite system of partial differential equations (3.2), (3.21), (3.27) and (4.12), (4.17), (4.18), subject to the special boundary conditions (4.23), (4.24) and (4.25).

REFERENCES

- [1] Egorov A and Rafatov R 1990 *Mathematical Methods of Optimization of Heat Conductivity and Diffusion Processes* (Bishkek, USSR: Ilim) (in Russian)
- [2] Zorich V A 1984 *Mathematical Analysis II* (Moscow: Nauka) (in Russian)
- [3] Sultangazin U M 2001 *Bulletin of KGNU on Mathematical and Computer Sciences* (KGNU, Bishkek) 5 15 (in Russian)
- [4] Sultangazin U M 1979 *Methods of Spherical Harmonics and Discrete Ordinates in the Problems of Kinetic Transport* (Alma-Ata, USSR: Nauka) (in Russian)
- [5] Case K. M. and Zweifel P. F. 1972 *Linear Transport Theory* (Moscow: Mir) (in Russian)
- [6] Rafatov R. R. 2002 *J Natural Sciences* (Kyrgyz-Turkish University 'Manas', Bishkek) 2 96 (in Russian)
- [7] Marchuk G. I. 1982 *Mathematical Modeling in Environmental Problems* (Moscow: Nauka) (in Russian)
- [8] Egorov A I 1978 *Optimal Control in Thermal and Diffusion Processes* (Moscow: Nauka) (in Russian)
- [9] Rafatov R 2004 *Math Comp Simulation* 67 379

THE PROMOTION UV DISINFECTION EFFICIENCY IN TREATING SECONDARY EFFLUENT BY EXPANDED PERLITE FILTER

Yusuf SAATÇI^A, Ayşe ÖZGÜVEN^A, Yavuz DEMİRCİ^A

^AFirat University, Faculty of Engineering Department of Environmental Engineering,
23119 Elazığ, Turkey, e-mail: ysaatci@firat.edu.tr

Introduction

Wastewater treatment plants (WTPs) remove primarily the organic matters and in some WTPs, nitrogen and phosphorus. Conventional WTPs reduce the numbers of coliforms, but effluents still contain high numbers of fecal microorganisms [1, 2]. Wastewater treatment plants should minimize the discharge of pathogens to environment, to limit the infection cycles of pathogenic microorganisms. Most countries follow the World Health Organization (WHO) and United States

Environmental Protection Agency (US-EPA) standards for irrigation of food that can be eaten raw and landscape irrigation. In addition, many European countries are adopting themselves to microbial guidelines in the European Union (EU) bathing water directive (Table 1).

Table 1. Coliform limit values according to different authorities and laws [3-5].

	WHO ^(a)	US-EPA ^(b,c)	EU ^(d)	Turkey ^(e)	Greece ^(a)	Cyprus ^(a)
Fecal coliform /100 ml	<1000	< 200	< 100	< 200	< 200	< 250
Total coliform /100 ml	-	-	< 500	< 1000		

(a) Limit value for restricted irrigation of crops likely to be eaten uncooked, sports fields and public parks.

(b) Limit value for domestic wastewater being discharged standards in to lakes

(c) Limit value for agricultural reuse after secondary disinfection.

(d) Limit value for quality of bathing water.

(e) Limit values for recreational use and deep sea discharge.

As counts of indicator organisms such as fecal coliforms are usually not reduced to tolerable levels in a conventional treatment process, additional subsequent disinfection step is unavoidable. Types of disinfection techniques are various, which include physical, chemical and biological methods [6].

UV disinfection is characterized by a short contact time and a more efficient bacterial action. Many factors (such as lamp envelope, lamp ageing, turbidity, concentration of suspended solids and micro-organisms, and fluid thickness) affect the efficiency of UV

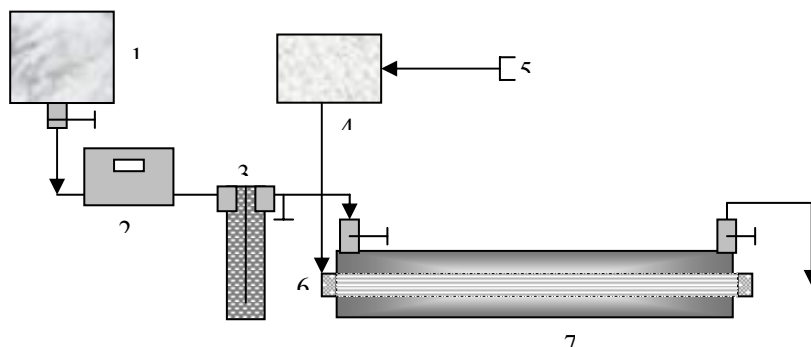
irradiation [7, 8]. Efficiency of UV disinfection depends also on the UV dose and the aggregation state of bacteria in water [9].

The aims of this study were (I) to investigate the disinfection of municipal WTPs effluents by UV system, (II) to determine the removal of solid matter, turbidity, total coliform, fecal coliform and *Escherichia coli* in a UV unit combined with the expanded perlite filter (EPF).

Material and methods

The study took place in wastewater laboratory (Department of Environmental Engineering, Firat University) using monolamp UV pilot equipment supplied by Arbiol (Istanbul, Turkey). The UV reactor has a useful volume of 4.2 l. A low-pressure mercury vapor discharge lamp has length of 900 mm, diameter of 13 mm, wavelength of 254 nm and power of 65 W. A quartz sleeve were used to mechanically protect and seal the lamp. For protect of UV lamp and energy saving, a filter was added to the UV system (Fig. 1). Expanded perlite was used as filter packing material. The properties of expanded perlite were given in Table 2. To ensure optimal particle sizes, the expanded perlite was screened using a mechanical shaker with sieves. The fraction of expanded perlite remaining on the 1 mm sieves was used as the filter packing material.

The EPF has an effective volume of 2.7 l and medium porosity of 0.313. Filtration velocity was kept to be 5.75×10^{-3} m/s. To investigate the performance of EPF on disinfection, experiments were run with and without EPF for same samples. Flow rate was kept to be 0.035 l/s.



8

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Feed Tank | 5. Electrical input |
| 2. Flow meter | 6. UV lamp |
| 3. Expanded Perlite filter | 7. UV reactor |
| 4. Ballast | 8. Disinfected effluent |

Figure 1. Schematic view of EPF-UV combined system [10].

The Promotion Uv Disinfection Efficiency in Treating Secondary Effluent By...

Table 2. Physical and chemical properties of expanded perlite [11].

Physical properties		Chemical properties			
Color	White	pH	6.6 – 8.0	Na ₂ O %	2.9-4.0
Melting point, °C	1300	SiO ₂ %	71 – 75	TiO ₂ %	0.03-0.2
Thermal conductivity, Kcal/Mh °C	0,034 – 0,045	Fe ₂ O ₃ %	0.5 – 1.45	K ₂ O %	4-5
Density, kg/m ³	32 – 200	Al ₂ O ₃ %	12 – 16	CaO %	0.2-0.5
Sound absorbing, db (125 Hz)	18	MgO : %	0.03 – 0.5		

Wastewater characterization was assessed by total solids (TS), total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), total coliform (TC), fecal coliform (FC), *Escherichia coli*, total hardness, total alkalinity, pH, conductivity, and turbidity. Conductivity, pH and turbidity were measured WTF-LF 330, Orion-SA 720 and Turbidimetro Velp-115, respectively. Total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) were measured with spectrophotometer (Nova 60). Transmittance at 253.7 nm measured in a spectrophotometer (Shimadzu UV160U) equipped with a 1 cm rectangular cell. Other parameters were analyzed according to Standard Methods [12]. The samples were collected from secondary effluent of biological (activated sludge system) municipal WTP located in Elazig (Turkey), during 15 weeks. The characterization of the WTP effluent was summarized in Table 3.

Table 3. The characterization of secondary effluent.

Parameters	N	Minimum	Maximum	Mean values	SE
pH	24	7.60	8.11	7.80	0.02
Temperature, °C	24	22	28	24,9	0.39
TCOD, mg/l	15	80	176	123.07	7.60
TN, mg/l	15	10.10	34.27	20.90	1.89
TP, mg/l	15	0.80	2.24	1.37	0.12
Alkalinity, mg CaCO ₃ /L	24	480	520	498.75	3.42
Total hardness, mg CaCO ₃ /L	24	324	668	504.50	23.36
Conductivity, µS/cm	24	1117	1345	1221.29	13.99
TS, mg/l	17	670	790	717.33	7.33
VSS, mg/l	17	490	660	525.33	10.41
TSS, mg/l	17	20	80	51.66	4.72
Turbidity, NTU	17	1.80	8.40	5.37	0.59
TC, MPN/100 ml	17	110,000	260,000	192,000	11159.49
FC, MPN/100 ml	17	62,000	150,000	95333.33	7687.33

N= Number of samples and SE= Standard error

Bacteriological analysis included the estimation of total coliform, fecal coliform and *Escherichia coli*. The estimation of numbers of the coliform group was carried out with

the Multiple Tube Dilution (MTD) methods by lactose broth. *E. coli* was determined by EMB agar according to Standard Methods [12] by confirmed test. The calculation of MPN of coliforms was done by combination of positive and negative results in the multiple tube tests [12]. The corrected MPN tables proposed by Man (1983) were used [13]. It was used a statistic program (SPSS 12.0, Microsoft Corporation Inc.) for calculations of means, standard errors and t-test values.

UV doses in the irradiation chamber were evaluated using the empirical method recommended by Qualls et al. (1989) [14]. This method considers the UV incident intensity, measured on the surface of the quartz sleeve, and the depth of the water layer crossed by UV radiation. Thus, the dose at the area e of 1 cm^2 in the irradiation chamber is defined as follows:

$$D_e = I_m \cdot t_c \cdot T_{(l)} \quad (1)$$

Where, D_e is calculated UV dose at the area of 1 cm^2 , mWs/cm^2 ;

I_m , the average UV incident intensity measured on the surface of quartz tube, mW/cm^2 ;

t_c = exposure time, s. [t_c = irradiation chamber volume (l) / flow rate (l/s)];

$T_{(l)}$ is the value of UV transmittance determined in the laboratory using a spectrophotometer (UV-visible) with different length quartz vessels and wastewater.

The incident intensities at the liquid surface, at 254 nm, were measured with an International Light Radiometer (Model 14000A) with a SEL 240 sensor. The exposure time was calculated based on approximate plug-flow conditions. Transmittance was determined on one each sample (TSS=76 mg/l) in the WWP effluent and (TSS=32 mg/l) in the EPF effluent (Fig. 2). A 20 ml aliquot of the wastewater sample was placed in sterile Petri dishes (90 mm ID). The layer of water crossed with UV rays was 3 mm deep. Each experiment was repeated at least three times. The concentration of total coliform before and after exposure to UV light was determined. Dose expressed in mWs/cm^2 was calculated using (1).

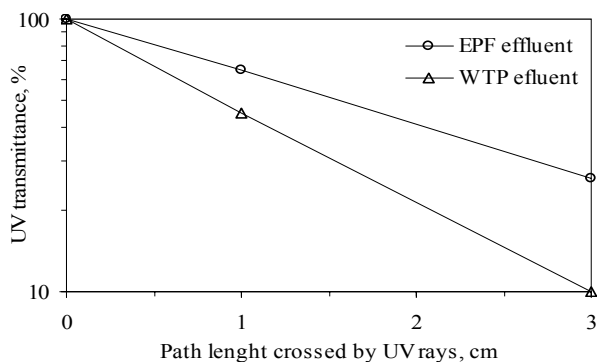


Figure 2. Transmittance UV according to the optical way of UV rays.

Results and Discussion

Disinfection with only UV

Effective UV doses in the UV system are variable. Three types of doses were defined: (i) the minimal dose determined inside the irradiation chamber, which is relative to a layer of water with 3.0 cm deep, (ii) the maximal dose calculated at the exterior surface of the quartz sleeve, and (iii) the median dose corresponding to the middle (1.5 cm) depth of the irradiation chamber. Effective UV doses were calculated in the UV system (Table 4). The doses in the irradiation chamber changed between 96 and 820 (median 164) mWs/cm² at an exposure time of 120 s.

Table 4. Estimation of the UV radiation at different exposure times.

	$I_m^{(a)}$, mW/cm ²	Path length crossed by UV, cm	$T_{(t)}^{(b)}$, %	Exposure time ^(c) , s			180
				30	60	120	
				UV Doses, mWs/cm ²			
Minimal	-	3	10	24	48	96	144
Median	8	1.5	17	41	82	164	245
Maximal	-	0	100	240	460	820	1230

(a) Mean of UV incident intensity measured on the surface of the tube of quartz and expressed in mW /cm².

(b) UV transmittance calculated according to abacus in Fig. 2.

(c) Exposure time (s) = flow, l/s / Volume of the irradiation chamber, l.

For UV doses of 82 and 164 mWs/cm², it was respectively found to be total coliform of 300 – 600 MPN/100 ml and 95 – 310 MPN/100 ml, and fecal coliform of 100 – 430 MPN/100 ml and 54 – 150 MPN/100 ml. Total coliform was less than 350 MPN/100 ml, and fecal coliform was less than 150 MPN/100 ml at exposure time of 120 s and UV dose of 164 mWs/cm² (Fig. 3).

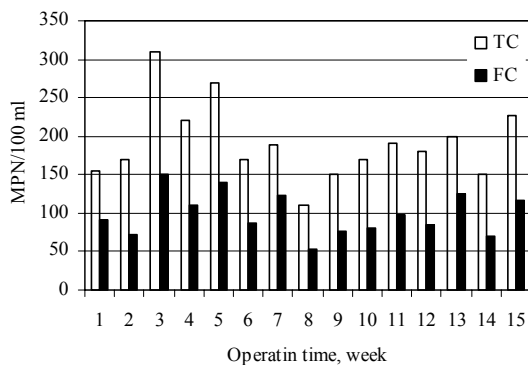


Figure 3. The changes of coliforms in the effluent of UV system at exposure time of 120 s and UV dose of 164 mWs/cm².

The results showed that with the UV dose of 164 mWs/cm², the average reduction of total and fecal coliforms was in the range of 2.9 – 3.3 log units. Hassen *et al.* (2000) achieved about 3 log unit reductions in order to attain a minimum disinfection value of 10³ fecal bacteria/100 ml at the outlet of the UV pilot system for average reduction of fecal coliform at UV dose of 108 mWs/cm² [8]. In general, UV dose prescribed in water disinfection is a function of the characteristics of installation, exposure time and the UV absorption of water. According to study by Moreno *et al.* (1997), a dose of 27 mWs/cm² was sufficient to reach the fixed limit of 10³ fecal coliform /100 ml for a secondary effluent with a low bacterial load, and the dose had to be increased to 32 mWs/cm² with an increase in the contamination [15]. Loge *et al.* (1996) used a dose of approximately 140 mWs/cm² to meet a permitted effluent coliform concentration of 23 MPN/100 [1], having similar to characteristics in the present study. Paraskeva and Graham (2005) were able to achieve total coliform reduction to point of 100 – 200 CFU/100 ml with dose of average 300 mWs/cm² [16].

There was a linear relationship between TSS and coliform, and a strong correlation between turbidity and coliforms in samples passed through only UV (Fig. 4). It was shown that the number of total coliforms was less than 300 MPN/100 ml when turbidity value was 7 NTU.

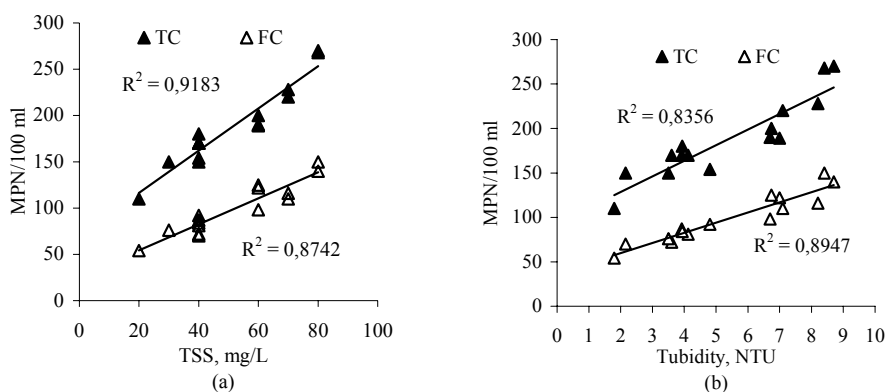


Figure 4. The Correlations a) between TSS and coliforms, and b) between turbidity and coliforms in the UV effluent.

Disinfection with EPF-UV

Several studies showed that the disinfection performance was highly influenced TSS concentration [6, 17 – 21], due to the fact that TSS could protect bacteria and viruses [1, 8]. It was shown that the expanded perlite filtration increased the disinfection capacity. TSS and turbidity were respectively reduced in the levels of 33 – 67% and 19 – 67% by using only perlite filter. Lubello *et al.* (2004) stated that the reductions of TSS and

The Promotion Uv Disinfection Efficiency in Treating Secondary Effluent By...

turbidity received up to 89% and 59%, respectively, by dualmedia pressurized filters [19]. Hamoda *et al.* (2004) indicated suspended solids removal at 95% and volatile suspended solids removal at 99% by sand filtration [21]. On the other hand, Hassen *et al.* (2000) emphasized that sand filtration did not change the efficacy of the disinfection and the increase of UV dose, beyond the mean of 108 mWs/cm², did not seem to have a significant effect on the efficacy of the disinfection [8]. In the current study, TSS concentrations reduced less than 40 mg/l by using the expanded perlite filter (Fig. 5). According to results, optimum removals were achieved at TSS of 20 mg/l and turbidity of 1.8 NTU. The differences in total suspended solid ($P < 0.01$) and turbidity ($P < 0.05$) values between UV and EPF-UV effluents were statistically found significant.

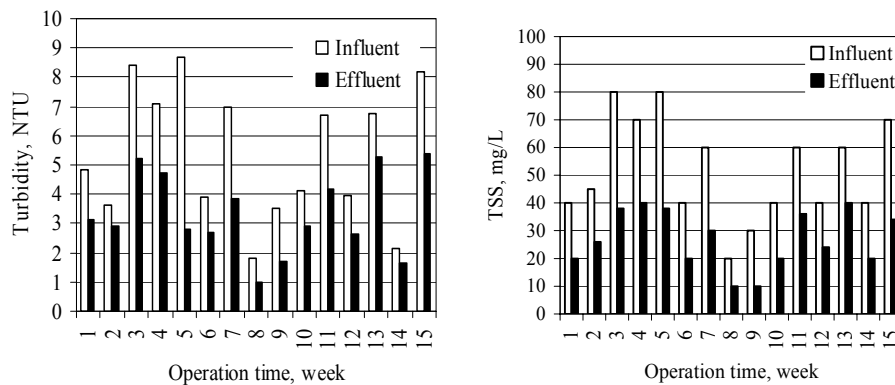


Figure 5. Turbidity and TSS concentrations in the influent and effluent of EPF-UV system.

It was found that total coliform and fecal coliform in the EPF-UV effluents were 62 – 196 MPN/100 ml and 24 – 100 MPN/100 ml with removals of 99.70 – 99.93% and 97.72 – 99.94%, respectively (Fig. 6).

It was proved that the EPF-UV system reduced of total coliform and fecal coliform, because of reduction effectively in TSS and turbidity. Mann and Cramer (1992) emphasized that TSS concentration had to be less than 30 mg/l in effluent before disinfection [22].

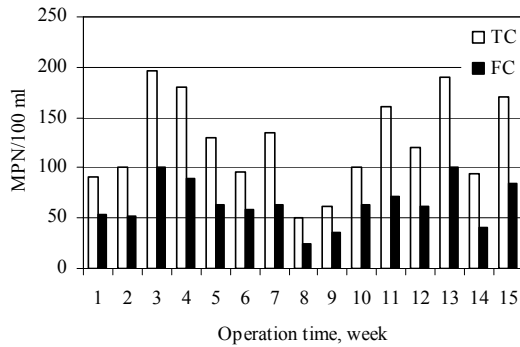


Figure 6. The coliform changes in the effluent of EPF-UV system.

The numbers of total coliform in the effluent of EPF-UV system were less than that in the effluent of UV and the differences were statistically significant ($P < 0.001$). This showed that some microorganisms adhered in solid matter were eliminated. The turbidity was less than 5.4 NTU with the addition of EPF to the system and as a result better elimination of coliforms was obtained. A strong correlation ($R > 0.94$) was found between turbidity and total coliform number (Fig. 7). The effluent characterization of EPF-UV combined system is given in Table 5.

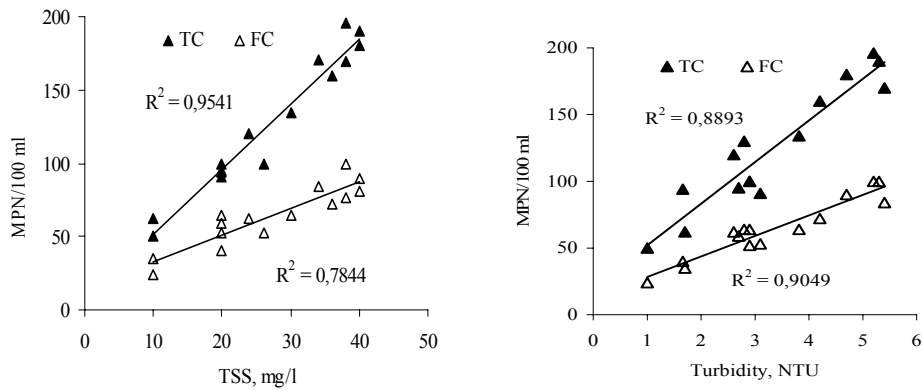


Figure 7. The Correlations a) between TSS and coliforms, and b) between turbidity and coliforms in EPF-UV combined system.

The elimination of *Escherichia Coli* increased with the reduction of turbidity and TSS by using EPF-UV combined system in wastewater samples with TSS of 20 mg/l and turbidity of 3 NTU. In particular, the results obtained by EPF-UV showed that an effective removal of *E. coli* occurred in TSS concentration less than 30 mg/l (Table 6).

The Promotion Uv Disinfection Efficiency in Treating Secondary Effluent By...**Table 5.** Characteristics of the EPF-UV effluent.

Parameters	N	Minimum	Maximum	Mean	SE
TS, mg/l	15	220.00	410.00	298.00	14.28
VS, mg/l	15	90.00	240.00	177.33	10.58
TSS, mg/l	15	10.00	40.00	26.00	3.05
Turbidity, NTU	15	1.00	5.20	3.33	0.36
TC, MPN/100 ml	15	62.00	196.00	124.80	11.85
FC, MPN/100 ml	15	24.00	100.00	64.20	5.79

Table 6. The presence of *E. coli* according to results in the multiple tube tests.

Week		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1/4	1/5
UV	<i>E. coli</i>	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+
	TSS, mg/l	40	45	80	70	80	40	60	20	30	40	60	40	60	40	70
EPF-UV	<i>E. coli</i>	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
	TSS, mg/l	20	26	38	40	38	20	30	10	10	16	20	24	40	20	34

Distinction should be made between restricted and unrestricted irrigation, on the basis of irrigated crops and modes of operation. Crops for restricted irrigation include forests and areas where access to the public is not expected, fodder, industrial crops, pastures, trees, seed crops and products which are processed before consumption. With respect to irrigation methods the spraying is not allowed. For restricted irrigation, the minimum treatment required is secondary biological treatment and disinfection producing an effluent with SS concentrations below 35 mg/l and fecal coliforms concentration below 200 FC/100 ml. For unrestricted irrigation, the treatment is a secondary biological treatment followed by a tertiary treatment (normally coagulation, flocculation, sedimentation, filtration) and disinfection producing an effluent with SS concentrations below 10 mg/l and turbidities below 2 NTU as an average value. Fecal coliform concentrations should be also below 5 FC/100 ml and not exceeding 100 FC/100 ml in any sample [3, 23]. The unrestricted irrigation includes all other crops such as vegetables, vineyards, crops, with products that are consumed raw, greenhouses. UV disinfection studies carried out after usage of EPF as a unit of tertiary treatment in the current study ensured the restricted irrigation criterions, but not ensure the unrestricted irrigation criterions, proposed by EU directive and Greece Standards.

Conclusions

Experimental results with only UV indicated major limitations for the use of the effluent as an irrigation source in plants. The results showed that filtration was most effective for removal of TSS, but slightly effective for coliforms. The value of fecal coliform (<100 MPN/100 ml) was constantly satisfied according to the criterions of restricted irrigation. The effluents obtained by UV and EPF can be used for irrigations in only forests and areas where

access to the public is not expected, fodder, industrial crops, pastures, trees, seed crops which are processed before consumption. Spray irrigation should not be practiced. It was shown that UV and EPF effluents were not effective for unrestricted irrigation.

Acknowledgement

We thank Assoc. Prof.Dr. H. Hasar and Dr. E.I. Arslan for their technical collaborations. This study was supported by the Research Foundation of Firat University (project no: FUNAF- 506).

REFERENCES

- [1]. Loge, F.J.; Emerick, R.W. Heat, M.; Jacangelo, J.; Tchobanoglous, G.; Darby, J.L., (1996), Ultraviolet disinfection of secondary wastewater effluents: prediction of performance and design. *Water Environ Res.* (1996), 68; 900–16.
- [2]. Koivunen, J.; Siitonen, A.; Tanski, H.H., (2003), Elimination of enteric bacteria in biological–chemical wastewater treatment and tertiary filtration units. *Water Resarch* (2003), 37; 690–698.
- [3]. EU, Council Directive Concerning Urban Wastewater Treatment. 91/271 EEC of May 21, (1991), OJ NO L1 35/ 40 of May 30, 1991.
- [4]. Water Pollution Control Regulation (WPRC), Official Gazette, Turkey, dated December 31, (2004), No: 25687.
- [5]. Angelakis, A. N.; Marecos Do Monte, M. H. F.; Bontoux, L.; Assano, T., (1999), The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: Need for guidelines. *Water Research* (1999), 33, (10), 2201–2217
- [6]. Blume, T.; Neis, U., (2004), Improved wastewater disinfection by ultrasonic pre-treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, (2004), 11, (5), 333–336.
- [7]. Shaban, A.M.; El-Taweel, G.E.; Ali, G.H., (1997), UV ability to inactivate microorganisms combined with factors affecting radiation. *Water Sci. Technol.* (1997), 35(11–12);107–12.
- [8]. Hassen, A.; Mahrouk, M.; Ouzari, H.; Cherif, M.; Boudabous, A.; Damelincourt, J.J., (2000), UV disinfection of treated wastewater in a large-scale pilot plant and inactivation of selected bacteria in a laboratory UV device. *Bioresource Technol.* (2000), 74; 141–150.
- [9]. Parker, J.A.; Darby, J.L., (1995), Particle-associated coliform in secondary effluents: shielding from ultraviolet light disinfection. *Water Environ. Res.*, (1995), 67; 1065–1072.
- [10]. Özgüven, A., Eysel atıksu arıtma tesisi çıkış sularının ultraviyole ile dezenfeksiyonu, MS. Thesis, University of Fırat, Elazığ, Turkey, (2003), 35.
- [11]. Etibank Etiper Tanıtım Kataloğu, Etibank Perlit İşletmesi, İzmir.Turkey. (1998), 2 p.
- [12]. APHA; AWWA; WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (1985), 16 th Ed..

The Promotion Uv Disinfection Efficiency in Treating Secondary Effluent By...

- [13]. Man, J.C., MPN tables corrected. *J. Appl. Biotechnology*. (1983), *17*; 301–305.
- [14]. Qualls, R.G.; Dorfman, M.H.; Johnson, J.D., (1989), Evaluation of the efficiency of ultraviolet disinfection systems. *Water Res.*, (1989), *23*, 317–321.
- [15]. Moreno, B.; Goni, F.; Fernandez, O.; Marinez, J.A.; Astigarraga, M., (1997), The disinfection of wastewater by ultraviolet light. *Water Sci. Technol.* (1997), *35*, 233–235.
- [16]. Paraskeva, P.; Graham, N.J.D., (2005), Treatment of a secondary municipal effluent by ozone, UV and microfiltration: microbial reduction and effect on effluent quality, *Desalination*, (2005), *186*, 47–56
- [17]. Oron, G.; Goemans, M.; Manor, Y.; Feyen, J., (1995), Poliovirus distribution in the soil–plant system under reuse of secondary wastewater, *Water Res.* (1995), *29*(4), 1069–78.
- [18]. Andreadakis, A.; Mamais, D.; Christoulas, D.; Kayblafka, S., (1999), Ultraviolet disinfection of secondary and tertiary effluent in the Mediterranean region, *Water Sci. Technol.* (1999), *40*, (1–5), 253–260.
- [19]. Lubello, C.; Gori, R.; Nicesse F.P.; Ferrini, F., (2004), Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation, *Water Research*. (2004), *38*, 2939–2947
- [20]. Emerick, R. W.; Loge, F.J.; Thompson, D.; Darby, J.L., (1999), Factors influencing ultraviolet disinfection performance part II: association of coliform bacteria with wastewater particles, *Water Environment Research*, (1999), *71*, 6.
- [21]. Hamoda, M.F.; Al-Ghusain, I.; AL-Mutairi., N.Z., (2004), Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse, *Desalination*, (2004), *164*, 203–211.
- [22]. Mann, M.A.; Cramer, J.A., (1992), Disinfecting with ultraviolet radiation, *Water Environment Technology*, (1992), *14*, (12), 40–42.
- [23]. Andreadakis, A.; Gavalaki E.; Mamais D.; Tzimas A. (2001), Wastewater reuse criteria in Greece 7th Conference on Environmental Science and Technology, 3 -6 September 2001, Ermoupolis, Syros Island, Greece.

УН ӨНДҮРҮШҮНӨ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫК КОНТРОЛЬ: МИКОТОКСИНДЕРДИ БӨЛҮП ЧЫГАРГАН МИКРООРГАНИЗМДЕРДИН ТАРАЛЫШЫ

Проф., докт. Тинатин ДӨӨЛӨТКЕЛДИЕВА

Кыргыз-Түрк «Манас» университети, Бишкек

Студент Султан ИМАНГАЗИЕВ

Кыргыз-Түрк «Манас» университети, Бишкек

Киришүү

Микроскоптук түзүлүштөгү козу карындардын белгилүү түрлөрү ылайыктуу шарттарда тамак азыктарында өсүп өнүгүп, кишиге, жаныбарларга жана канаттууларга уу келген метаболиттерди бөлүп чыгарат. Мындай метаболиттер-микотоксиндер деген группага бириккен. Микотоксиндерди кармаган тамак азыктарын пайдалануудан келип чыккан уулануулар микотоксикоздор деп аталат.

Микотоксиндерди бөлүп чыгаруучу микромицеттердин түрлөрү көбүнчө *Aspergillus*, *Penicillium* жана *Alternaria* уруусунун өкүлдөрү. Микотоксиндерди бөлүп чыгаруучу микромицеттер бул уу заттарды жалаң гана дан өсүмдүктөр өсүп жатканда пайда кылбастан, данды кырманда сактоо мезгилинде дагы улантышы мүмкүн {1, 2, 3, 4, 5, 6}.

Кыргызстандын шартында микотоксиндерди бөлүп чыгарган микромицеттердин дан өсүмдүктөрүндө таралуусу, зыян алып келүү денгээлдери ушул күнгө чейин атайын илимий негизде изилдене элек.

Бул изилдөөлөрдүн негизги максаты

Кыргызстанда буудайды кайра иштетүүчү өндүрүшүндө микологиялык изилдөөлөрдүн жардамы менен буудай дандарынын жана ундун микотоксиндерди пайда кылуучу микромицеттер менен булгануу денгээлин аныктоо, өндүрүү процессиндеги патоген менен жугушууга мүмкүн болгон коркунучтарды же рисктерди анализдөө.

Изилденүүчү материалдар жана колдонулган методдор

Дандын жана ундун үлгүлөрүн алуу төмөнкү схемада жүргүзүлдү:

- 1-Изилденүүчү жер–Кампада сакталган дан.
- 2-Изилденүүчү жер–Данды механикалык тазалоодон өткөрүүчү жай.
- 3-Изилденүүчү жер–Данды суу менен жууп таазалоочу жай.
- 4-Изилденүүчү жер–Данды кургатуучу жана майдалоого даярдоочу жай.

5-Изилденүүчү жер – Ун (1-сорт).

6-Изилденүүчү жер – Ун (2-сорт).

7-Изилденүүчү жер – Ун (Жогорку сорт).

Үлгүлөр үч жолу алынып келинди жана үч жолу кайталанып изилденди.

Микроскоптук түзүлүштөгү козу карындарды өстүрүп алуу, алардын таза культуурасын, ошондой эле алардын физиологиялык жана морфологиялык касиеттерин изилдөө үчүн **Чапека чөйрөсү, Пептон-Декстроза агары пайдаланылды.** Суюлтуу ыкмасын колдонуу менен буудай дандарынан микромицеттердин колонияларын өстүрүп алуу белгилүү Кох ыкмасына ылайык жүргүзүлдү. Культуралдык көрсөткүчтөрдү изилдөөдө - негизинен *Penicillium* менен *Aspergillus* урууларында көбүрөөк көңүл бурулду. Колониялардын өсүү ылдамдыгын байкап жазуу үч температурада +4°C, +26°C, +37°C жүргүзүлдү. Козу карындардын культуралык жана морфологиялык белгилерин баяндап жазуусу-аныктоо үчүн атайын аныктагычтар колдонулду {7, 8, 9}. Агар чөйлөрүндө өсүп чыккан колониялардын санын эсептөө жана белгилүү көлөмдөгү алардын кармалышын аныктоо төмөнкү формула менен аныкталды :

$$M = \frac{a * 10^n}{V}, \text{ M - 100 г данда кармалган колониялардын саны, } a - \text{ белгилүү}$$

суюлтуудан өсүп чыккан колониялардын орточо саны, n - суюлтуунун саны, V – себүү үчүн алынган суспензиянын көлөмү, мл же 100 г салмактагы дандын саны. Данда кездешкен микромицет комплекстеринин көп түрдүүлүгүн баалоо үчүн **Шеннон индекси колдонулду :**

$$D = \frac{\sum P_n Lg P_n}{Lg^2}$$

Түрдүн маанилүүлүгүн аныктоо үчүн микромицеттин кездешүү жаштыгынын критерийи колдонулду:

$$\text{Түр табылган үлгүлөрдүн саны} * 100\%$$

$$\text{Мейкиндикте кездешүү жаштыгы (\%)} = \frac{\text{Түр табылган үлгүлөрдүн саны}}{\text{Жалпы үлгүлөрдүн саны}} * 100\%$$

Жалпы үлгүлөрдүн саны

АЛЫНГАН ЖЫЙЫНТЫКТАР

1-чи изилденүүчү жер - кампанын ичинде сакталып турган буудай дандары. Бул жерде буудай дандарынын көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли жогору болду. Бул табыгый процесс, талаада өсүп турган кезинде эле буудайдын сабагында, жалбырагында, машагында жана данында көп түргө кирген ар түрдүү микроорганизмдер жашайт. Алардын бир бөлүгү сапрофиттер катары тиричилик өткөрөт б. а. өсүмдүк бөлүп чыгарган органикалык кошулмалар жана чаң бөлүкчөлөрү менен азыктанып , өсүмдүктүн өзүнө зыян келтирбейт. Кээ бир

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Ун өндүрүшүнө микробиологиялык контроль: микотоксиндерди бөлүп чыгарган...

жагымсыз климаттык шарттарда, өсүмдүктүн чыдамдуулугу төмөндөгөн учурларда сапрофиттер шарттуу патогендик түрлөргү өтүп кетиши мүмкүн. Ал эми башка бөлүгү оору козгогучтар, мителик тиричилик өткөрүүчүлөр. Алар негизинен өсүмдүктүн тирүү клеткаларынын эсебинен жашап, ээсинин организми үчүн көп залалдарды пайда кылат, алардын ичинен уу заттарды топтоо касиеттерине ээ болуусу коркунучтуу. Уу топтолгон дандан жасалган тамак аштар андан ары адамдын организмине кирүү менен ар түрдүү оорулардын пайда болушуна алып келет (1- сүрөт).

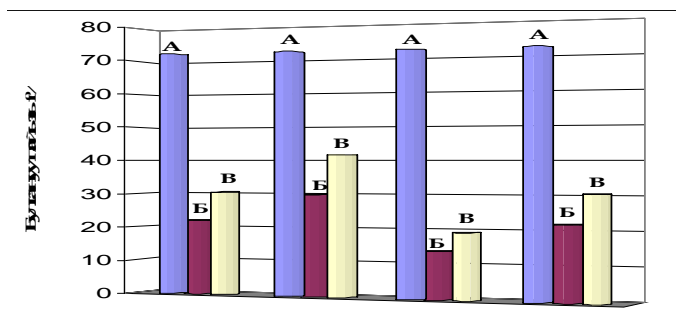
2-чи изилденүүчү жерде - механикалык тазалоодон өткөн жайда буудай дандарынын көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли бир канча төмөндөгөнү байкалды (19,0%). Механикалык тазалоо убагында дандын үстүнкү бетинде жармашып, катып калган чаңдар, топурак бөлүкчөлөрүнөн арылуусу жүргүзүлөт. Натыйжада чаңдын ичинде жашаган , топурак жана башка кир нерселер менен келген микроорганизмдерден дагы механикалык арылууга дуушар болот (2-сүрөт).

3-чү изилденүүчү жерде - суу менен жууп тазалоочу жайдан өткөн буудай дандарынын бетинде кайрадан көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли жогорулагандыгы аныкталды (32,2%). Бул кубулушту мындай деп түшүндүрүүгө болот. Суу менен жуулуу мезгилинде дандын үстүндө кармалган козу карындар толугу менен сууга чыкпайт, себеби алар атайын адгезивдик жабышуу жана ыңгайлануу өзгөчөлүктөрүнү ээ болгондуктан, жабышкан бойдон калат, нымдуулуктун жогорулашы менен алар абдан тез көбөйүү мүмкүнчүлүктөрүнө жетишет. Дагы бир өзгөчөлүктү белгилеп кетиш керек, ал дандын жука кабыгынын алдында мекендеген козу карындар дагы нымдуулуктун жогорулашы менен тез көбөйүү мүмкүнчүлүктөрүнө ээ болот. Изилдөөгө дуушар болгон дандардын нымдуулугу 18- 20% га чейин көтөрүлгөндүгү аныкталган. Демек изилдөөгө чейин эле дандын бетинде микромицеттердин түйүлдүктөрүнүн жанданышы жана көбөйүшү башталган (3- сүрөт).

1 – ИЗИЛДЕНУУЧУ ЖЕР, кампа

А	Б	В
72	22	30,55555556
72	30	41,66666667
72	14	19,44444444
Жалпы орто эсеби:	72	22
		30,55

ТАБИГЫЙ ИЛИМДЕР ЖУРНАЛЫ
Тинатин ДӨӨЛӨТКЕЛДИЕВА, Султан ИМАНГАЗИЕВ



1-Сүрөт. Кампада кармалган буудай дандарынын көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли.

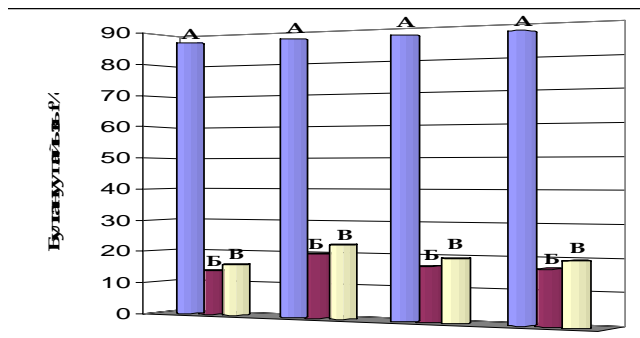
А- Чөйрөнүн бетине отургузулган буудай данынын саны

Б- Көк дат козу карындары өсүп чыккан буудай данынын саны

4-чү изилденүүчү жерде - данды майдалоого жөнөтүү алдында кармалган жайда дандар кургатылат, нымдуулук 16-17% ке чейин түшөт. Ушундай нымдуулук орнотулгандан кийин гана данды майдалап тартууга жөнөтүлөт. Мына ушул жерден алынган дандарды изилдегенде көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли кайрадан түшкөндүгү байкалды, ал 21%-ти түздү. Ошентип унга айлануучу дандын булгануу деңгээли 21%-ке жакындайт (4- сүрөт).

2- ИЗИЛДЕНҮҮЧҮ ЖЕР - Механикалык Тазалоо

А	Б	В
87	14	16,09195402
87	20	22,98850575
87	17	19,54022989
Жалпы орто эсеби: 87	17	19,54



2- сүрөт. Тазалоочу жайдан чыккан буудай дандарынын көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли.

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Ун өндүрүшүнө микробиологиялык контроль: микотоксиндерди бөлүп чыгарган...

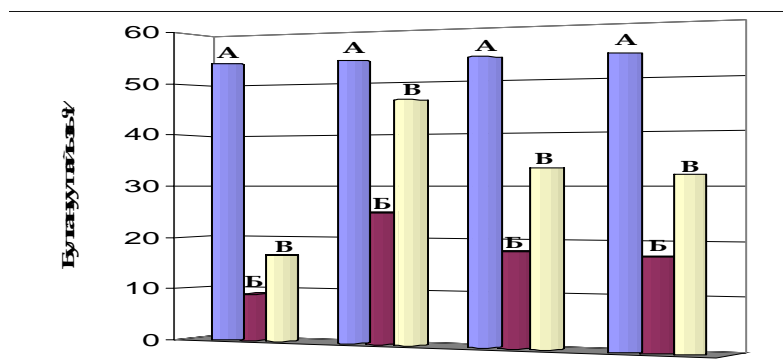
А- чөйрөнүн бетине отургузулган буудай данынын саны

Б- Көк дат козу карындары өсүп чыккан буудай данынын саны

В- Орточо булгануу пайызы

3 – ИЗИЛДЕНҮҮЧҮ ЖЕР - Жуулучу жай

А	Б	В
54	9	16.66666667
54	25	46.2962963
54	18	33.33333333
54	17.33333333	32.09876543



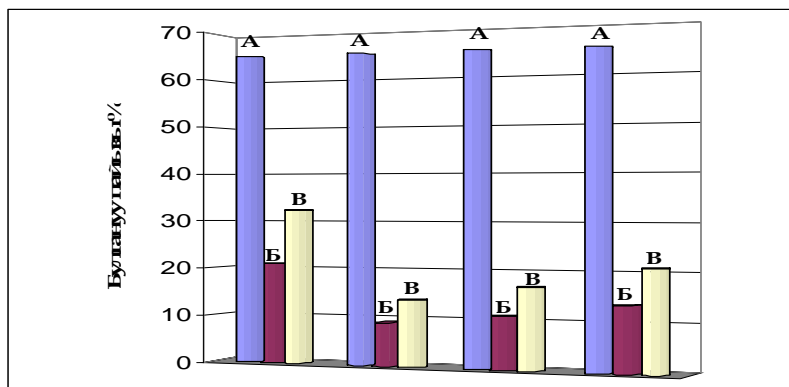
3- сүрөт. Жуулучу жайдан чыккан буудай дандарынын көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли.

А- Чөйрөнүн бетине отургузулган буудай данынын саны

Б- Көк дат козу карындары өсүп чыккан буудай данынын саны, В- Орточо булгануу пайызы

4- ИЗИЛДЕНҮҮЧҮ ЖЕР - Тегирменге берилген жай

А	Б	В
65	21	32.30769231
65	9	13.84615385
65	11	16.92307692
65	13.66666667	21.02564103



4- сүрөт. Тегирменге берилген жайдагы буудай дандарынын көк дат козу карындар менен булгануу денгээли.

А-Чөйрөнүн бетине отургузулган буудай данынын саны

Б- Көк дат козу карындары өсүп чыккан буудай данынын саны

В- Орточо булгануу пайызы

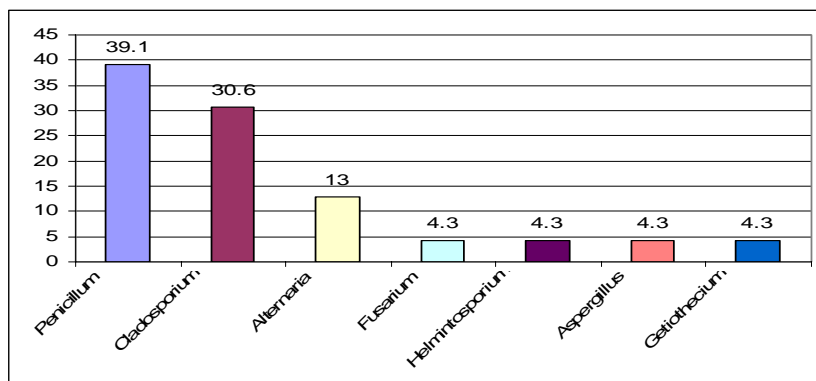
Дандан жана ундан бөлүнүп алынган көк дат козу карындардын көп түрдүүлүгү.

1-чи изилденүүчү жер же кампанын ичи

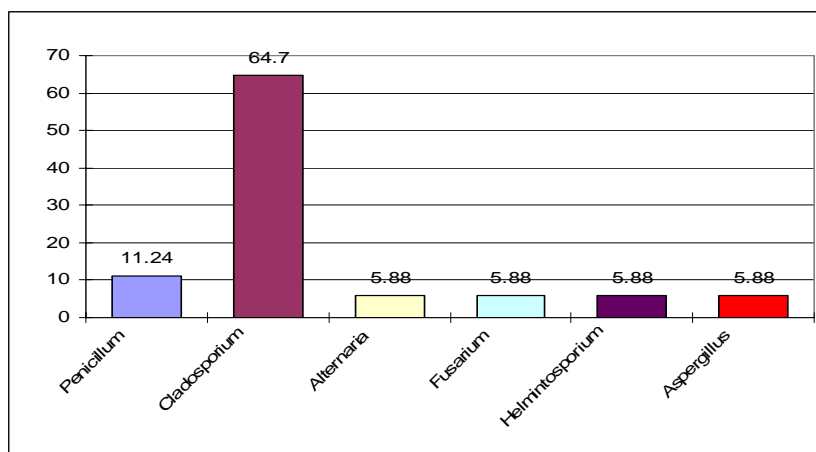
Кампага келип түшкөн дандарды изилдөөдө 8 урууга кирген микромицеттердин өкүлдөрү табылды. Алардын ичинен *Penicillium* уруусундагылар Шеннон индекси боюнча үстөмдүк кылышты, жалпы кездешкендердин ичинен 39,1% алардын үлүшүнө туура келди. Экинчи орунда *Cladosporium* уруусундагылар болду, андан кийинки орунду *Alternaria* уруусуна киргендер ээледі. Демек бул жерде данда жашаган микромицеттердин табигый түрдүк катнашы көрсөтүлдү деп эсептесек болот (5-сүрөт).

2-чи изилденүүчү жер же механикалык тазалануудан өтүүчү жер.

Механикалык тазалануудан өткөн дандарды изилдөөдө 6 уруунун өкүлдөрү табылды. Алардын ичинен Шеннон индекси боюнча *Cladosporium* уруусундагылар үстөмдүк кылышты, алардын сандык кармалышы жалпы булгануулардын 64,7%-тин түздү. Ал эми *Penicillium* уруусундагылардын кармалышы кампага салыштырганда бир нече аз болду – 11,24%. Демек механикалык тазалануу учурунда чан же топурак менен кошо *Penicillium* уруусундагыларга кирген түрлөр дандын бетинен сүрүлүп чыгарылат. Бул жерде жалпы түрдүк саны азайды (6-сүрөт).



5- сүрөт. Кампага келип түшкөн дандардан өсүп чыккан микромицеттердин түрдүк катнашы



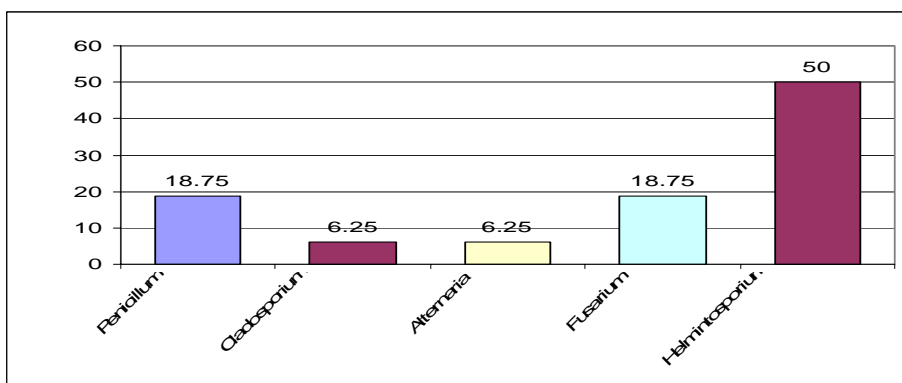
6- сүрөт. Механикалык тазалануудан өтүүчү жерден алынган, дандардан өсүп чыккан микромицеттердин түрдүк катнашы.

3-чү изилденүүчү жер же суу менен жууп тазалануудан өтүүчү жер.

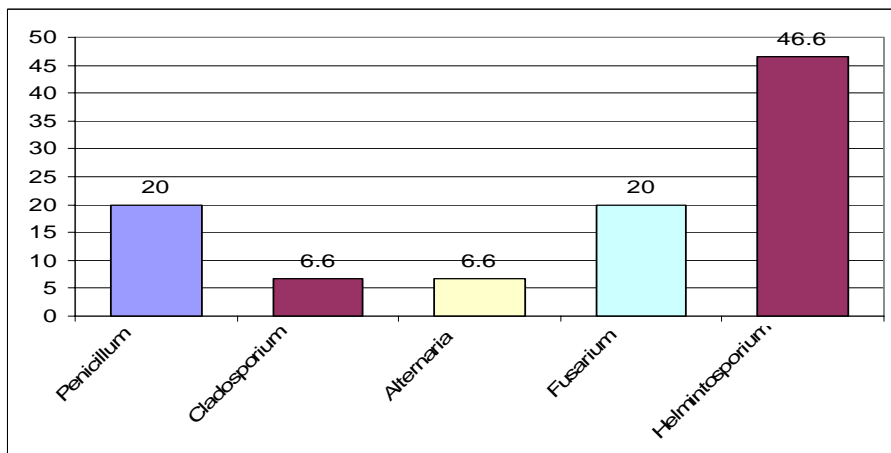
Суу менен жууп тазалануудан өтүүчү жерден алынган үлгүлөрдү изилдөөдө 5 урууга кирген микромицеттердин өкүлдөрү катталды. Бул жерде Шеннон индекси боюнча *Helminthosporium* уруусундагылар үстөмдүк кылышты жана жалпы кездешкен козу карындардын 50,0%-ин түздү. Ошондой эле *Fusarium* уруусуна кирген өкүлдөрүнүн саны бул жерде жогору болду (18,75%). Алар нымдуу чөйрөдө өздөрүнө жагымдуу шарттарды таап, тез көбөйүүгө өтүшөт. Бул жерде *Aspergillus* уруусундагылар катталган жок (7-сүрөт).

4-чү изилденүүчү жер

Дан буудайларын тегирменге майдалоого кете турган жеринен жана кургатылгын жерде изилдегенде *Aspergillus* уруусундагылардан башкасы ар кандай проценттик катнашта бардык уруудагы микромицеттер катталды. *Helminthosporium* уруусундагылар үстөмдүк кылды (46,6%). *Penicillium* жана *Fusarium* уруусундагылардын саны баары бир жогору болду-20,0% (8-сүрөт). Демек унга тартылуучу жерде дандардын бетинде *Aspergillus* болбогону менен *Penicillium* жана андан кийин *Fusarium* белгилүү коркунучтуу туудуруучу агенттер катары катталды..



7- сүрөт. Суу менен тазалануудан өтүүчү жерден алынган, дандардан өсүп чыккан микромицеттердин түрдүк катнашы.



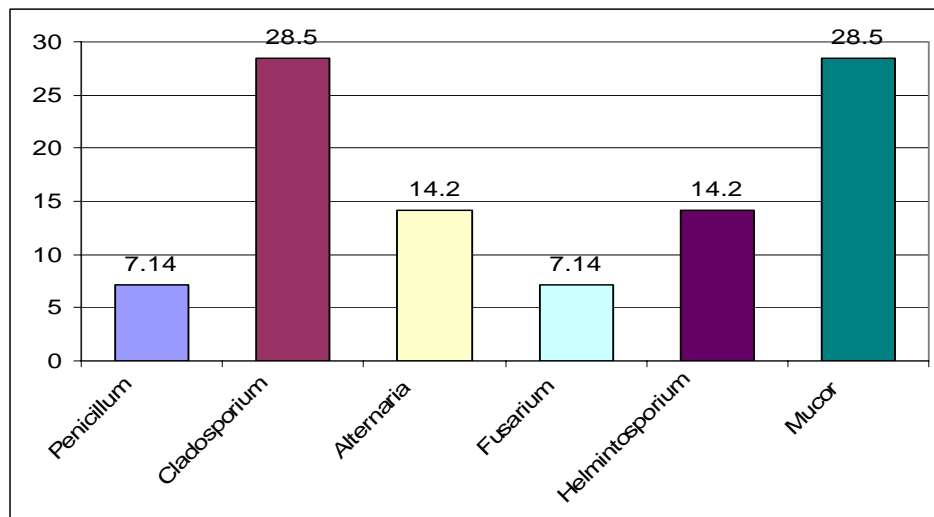
8- сүрөт. Тегирменге майдалоого кете турган жеринен алынган дандардан өсүп чыккан микромицеттердин түрдүк катнашы

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Ун өндүрүшүнө микробиологиялык контроль: микотоксиндерди бөлүп чыгарган...

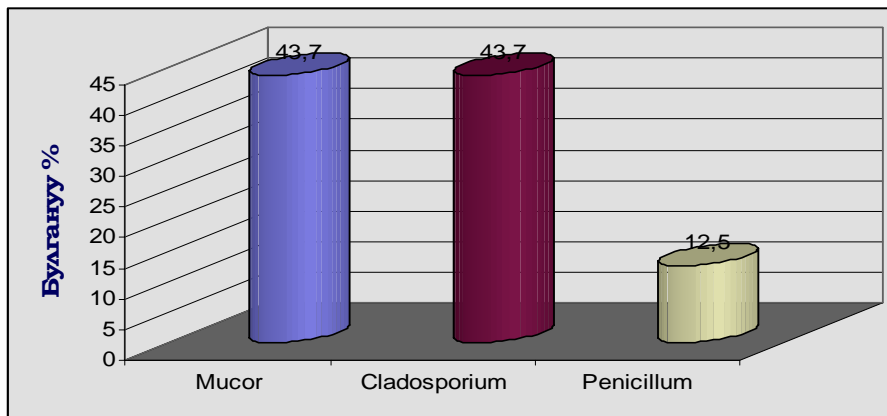
Тегирменден ар кандай деңгээлде майдаланып, тартылууга учураган ундун үлгүлөрүн изилдөөдөн алынган жыйынтыктар

Толугу менен “В” жана “С” группасындагы тегирмендерде иштетилген жана электен эленип өткөрүлгөн ун **1.сорт жана 2.сорт болуп бөлүнүп** цистерналарга транспорттолот. В1 тегирменден чыккан ундун кесек фракциясын изилдегенде 6 урууга кирген микромицеттердин турлору табылды. Шеннон индекси боюнча бул жерде *Cladosporium* жана *Mucor*- уруусунун өкүлдөрү басымдуулук кылды (28,5%). Демек 40% жанчылган буудай данында негизинен сапрофиттик табыгый микрофлоранын өкүлдөрү үстөмдүк кылды (9-сүрөт). Бирок *Penicillium*, *Alternaria* жана *Fusarium* окшогон токсин берүүчү уруулардын маанилүү санда болушу В1 тегирмени дагы эле болсо зыянсыз жана коопсуз азыкты алууга коркунучу бар жер деп эсептөөгө болот.



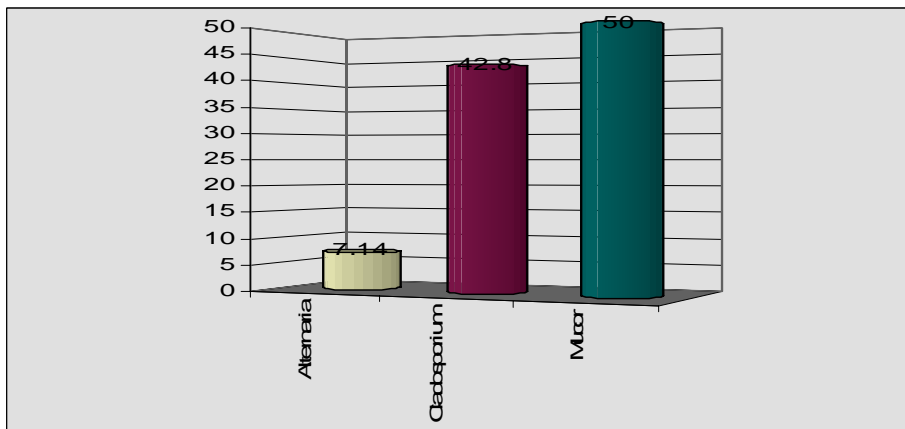
9- сүрөт. В1 тегирменинен чыккан ундан алынган көк дат козу карындардын түрдүк катнашы.

В4 тегирмендерден иштетилген ундун үлгүлөрүн изилдегенде козу карындардын түрдүк катнашы кескин кыскаргандыгы байкалды. Бул жерде болгону үч уруунун өкүлдөрү кездешти. Дагы эле болсо Шеннон индекси боюнча *Cladosporium* жана *Mucor*- уруусунун өкүлдөрү басымдуулук кылды (43,7%). *Penicillium* уруусуна киргендердин үлүшү 12,5%-ди түздү (10-сүрөт). Демек дагы бир 40%-тик жанчылуудан өткөн ундун көк дат козу карындар менен булгануу деңгээли төмөндөйт.



10-Сүрөт. B4 тегирменинен чыккан ундан алынган көк дат козу карындардын түрдүк катнашы.

C1 тегирменден иштетилген ундун үлгүлөрүн изилдегенде козу карындардын түрдүк катнашы мурдагы тегирмендей болду. Бул жерде дагы Cladosporium жана Mucor- уруусунун өкүлдөрү басымдуулук кылды (42,8% жана 50,0%). Бирок бул жерде Alternaria уруусунун өкүлдөрү табылды (11-сүрөт). Бул тегирменден өткөн ундун дагы эле болсо көк дат козу карындар менен буулгануу деңгээли жогору болду.



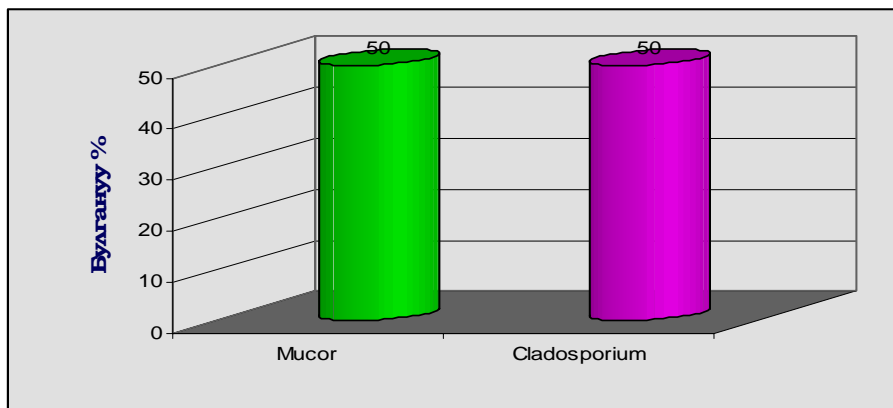
11- сүрөт. C1 тегирмендерден иштетилген ундун үлгүлөрүн изилдегенде алынган козу карындардын түрдүк катнашы.

C4 тегирменден иштетилген ундун үлгүлөрүн изилдегенде козу карындардын түрдүк катнашында болгону эки гана уруунун өкүлдөрү катталды (Mucor - 50,0% жана Cladosporium - 50,0%) (12-сүрөт).

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Ун өндүрүшүнө микробиологиялык контроль: микотоксиндерди бөлүп чыгарган...

Биздин изилдөөлөр сатууга жөнөтүлө турган унда сапрофиттик козу карындардын көп санда кармалышын көрсөттү. Микотоксин кармоочу козу карындардын саны улам азайып отуруп, унду иштетүүнүн аяккы стадияларында жокко эсе болду. Бул иштетилүү убагында данда кармалган споралар ундун кабыгы жана улпактары менен кошо чыгышы менен байланыштырсак болот. Демек иштетитүүнүн аяккы тепкичтеринде гана микотоксин бөлүп чыгаруучу козу карындар менен булгануу коопсуздугу же коркунучу жок болду.



12- сүрөт. С4 тегирмендерден иштетилген ундун үлгүлөрүн изилдегенде алынган козу карындардын түрдүк катнашы.

Изилдөөлөрдүн негизинде буудай дандарынан бөлүнүп алынган микотоксин бөлүп чыгаруучу *Aspergillus* жана *Penicillium* уруусундагы микромицеттер аныкталды.

Штамм Asp – 4. Бул микромицет *Aspergillus ochraceus* болуп аныкталды. *Aspergillus ochraceus*- 2-чи изилденүүчү жерден б.а. механикалык тазалоодон өткөндөн кийин буудай данынан бөлүнүп алынды. *Aspergillus ochraceus* – Ochratoxin A, Ochratoxin B, Ochratoxin C, Penicillic acid, Viomellein микотоксиндерин бөлүп чыгаруучу катары белгилүү.

Штамм Asp – 1. Бул микромицет *Aspergillus flavus* Link; Raper, Fennel, 361 болуп аныкталды. *Aspergillus flavus* – 1-чи изилденүүчү жерден б.а кампага келип түшкөн буудай дандарынан бөлүндү. *Aspergillus flavus* төмөнкү уу метаболиттерди бөлүп чыгаруучу болуп саналат: Aflatoxin B1, Aflatoxin B2, Aflatoxin M1, Aflatrem (alkaloid), Aflatrem (indol alkaloid), Aspertoxin, Cyclopiazonic acid, 3-Nitropropionic acid, Sterigmatocystin, Versicolorin A.

Штамм Asp – 3. Бул микромицет *Aspergillus sulphures* (Fres) Thom et Church; Raper, Fennell, 271 болуп аныкталды.

Aspergillus sulphures дагы- 1-чи изилденүүчү жерден бөлүндү.

Aspergillus sulphures- Ochratoxin A токсинди бөлүп чыгаруучу катары белгилүү.

Штаммдар Pen-2 жана Pen-5. Бул микромицет *Penicillium martensii* Biourge, Raper, Thom , 500 болуп аныкталды.

Penicillium martensii -1чи жана 2чи изилденүүчү жерден б.а. механикалык тазалоодон өткөндөн кийин буудай данынан бөлүнүп алынды. Бул *Penicillium martensii* тарабынан бөлүнгөн микотоксиндер жонундо маалыматтар табылган жок.

Штамм Pen-1. Бул микромицет *Penicillium cyclopium* Westi: Raper, Thom , 453 болуп аныкталды. *Penicillium cyclopium*- 2-чи изилденүүчү жерден б.а. механикалык тазалоодон өткөндөн кийин буудай данынан бөлүнүп алынды. Бул микромицет Патулинди-бөлүп чыгаруучу катары белгилүү.

АДАБИЯТТАР

1. Bhat, R.V. and Vasanthi, S. 1999. Mycotoxin contamination of foods and feeds. Overview, occurrence and economic impact on food availability, trade, exposure of farm animals and related economic losses. <ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/myco4a.pdf>
2. Davis, N. D. and Diener, U. L. 1987. *Mycotoxins*. In “Food and Beverage Mycology” (L. R. Beuchat, ed.), 2nd Ed., pp. 517-570. Van Nostrand Reinhold, New York.
3. Bayman, P., Baker, J.L., Doster, M.A., Michailides, T.J., and Mahoney, N.E. 2002. Ochratoxin A production by the *Aspergillus ochraceus* group and *Aspergillus alliaceus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68, 2326-2329.
4. Christopher J. Schwab and David C. Straus The Roles of *Penicillium* and *Aspergillus* in Sick Building Syndrome/Advances in applied Microbiology, volume 55, 2004, 215-231.
5. Кыргыз Республикасынын Тамак Азыктарынын Коопсуздугу жана Сапаты боюнча информациялык бюллетени, Бишкек, 2005.
6. M. F. Dutton. Mycotoxin Research in South Africa/ Advances in applied Microbiology, Volume 53, 2003, 213-232.
7. Barnett H, L., Hunter B.B. (2005). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. /APS PRESS The American Phytopathologic Society St.Paul, Minnesota, And Fourth Edition.
8. Cheremisinov N.A. and others. (1970). *Fungi and Fungous Diseases of Trees and Bushes*. Moscow: Forest Industry, p. 392.
9. Stakman E.C., Harrar S.G. (1957) *Principles of Plant Pathology*, New York.

ТЕХНОГЕНДИК КӨМҮРТЕКТИН КОШ КЫЧКЫЛЫНЫН ЧӨЙРӨГӨ ТИЙГИЗГЕН ЗЫЯНДУУ ТААСИРИН ЭСЕПТӨӨ

КАЗИЕВ Б.А.

Кыргыз-Түрк «Манас» университети
Экологиялык инженерия бөлүмүнүн бүтүрүүчү студенти

Проф., др. Зарлык МАЙМЕКОВ

Бүтүрүү иштин илимий жетекчиси
Кыргыз-Түрк «Манас» университети, Бишкек

Кириш сөз

Өнөр жай мештеринен чыккан түтүн газынын жана анын компоненттеринин чөйрөгө тийгизген таасирин эсептөө, жаратылышты коргоо механизмдерин баалоо, эффективдүү механизмдерди иштеп чыгуу, ошону менен бирге чыгымдарды төлөө шарттарын далилдөө азыркы кездеги эң орчундуу маселелердин бири болуп эсептелет. Көрсөтүлгөн проблемалардын илимий негиздери азыркы учурда толук изилденген эмес, көптөгөн жаратылышты коргоо жана анын байлыктарын сарамжалдуу пайдалануу иштеринде субъективдик жолдор, натыйжалар бар. Бул жагдайлар каралып жаткан процесстер динамикалык шартта орун алып, эң татаал болгондуктан жана базар экономикасынын теориялык, практикалык негиздери экологиялык маселелерге кеңири колдонулбагандыктан, чөйрөгө таасир берген дээрлик заттардын чектүү деңгээлдеги концентрациясы так эмес болжолдуу мааниге ээ болушу менен далилденет. Ушул жагдайларды эске алып берилген бүтүрүү ишинде көмүр кычкыл газынын чөйрөгө тийгизген таасири каралды. Бул маселени чечүү үчүн CO₂ чөйрөгө чыгаруучу негизги булактар, газдын физикалык, химиялык касиеттери, колдонулушу, структуралык түзүлүшү, анын концентрациясынын ар түрдүү чондуктардан көз карандылыгы, абадагы таралышы жана анын таасириндеги аба ырайынын өзгөрүшү, «парниктик эффекттин» дүйнөлүк экологиялык мааниси боюнча толук адабияттык анализ жасалып, иштин эксперименталдык маселелери аныкталды жана изилденди [1-8].

Ар кандай кубаттуулуктагы өнөр жай мештеринен чыккан түтүн газдарындагы көмүртектин кош кычкылынын концентрациясы, CO салыштырмалуу эсептелип, анын негизинде газ агымдарынын сарпталышы, температурасы, тетиктердин сызыктуу өлчөмдөрү эске алынып, CO₂ чөйрөгө тийгизген таасири, зыяндуулугу жана ага байланыштуу болгон төлөмдөрдүн чондуктары шарттуу түрдө эсептелип чыгарылды. Көмүртектин кош кычкылынын зыяндуулугу боюнча алынган натыйжалардын негизинде газдын концентрациясын чөйрөдө азайтуунун айрым жолдору берилди. Алардын ичинен эффективдүү жолдордун бири катары CO₂ суу жана моноэтаноламиндин эритмеси аркылуу соруу, газды конверсиялоо, отундардын курамын өзгөртүү, фотосинтезди колдонуу шарттары көрсөтүлдү.

Бүтүрүү ишинде алынган натыйжалардын негизинде газдардын, айрыкча CO₂ чөйрөгө тийгизген таасири бааланып, анын экологиялык-экономикалык жана социалдык маанилери көрсөтүлдү.

Методдор

Активдүү булгануу аймагын эсептөө. Булгануу булагы катары ар түрдүү отундун негизинде иштеген жылуулук электр станциясынын трубасы каралды. Мындай шартта активдүү булгануу аймагы белгилүү радиусу бар шакекчени түзөт [7,8]:

$$R_{\text{н}} = 2\phi h$$

$$R_{\text{г}} = 20\phi h.$$

Мында h - булактын бийиктиги, м; ϕ -бирдиксиз коэффициент;

$$\phi = 1 + (\Delta T/75^{\circ}\text{C})$$

ΔT -температуранын айырмасы, град;

Активдүү булгануу аймагынын аянты ($S_{\text{абa}}, \text{м}^2$) төмөнкү формула боюнча аныкталат:

$$S_{\text{абa}} = \pi(R_{\text{тышкы}}^2 - R_{\text{ички}}^2).$$

Атмосфераны булгоодогу зыяндуулукту эсептөө:

$$u = \gamma \delta M f.$$

2002-жылдын бааларында салыштырма зыяндуулуктун (γ) сандык өлчөмү 2,34 рубль/тонна түзөт (рубль менен сомдун эквиваленти иште эске алынат) [7].

Активдүү булгоо аймагындагы атмосфералык абанын салыштырмалуу булгануу коркунуч көрсөткүчүн (δ) эсептеп чыгуу зарыл. Себеби активдүү булгануу аймагы бирдей эмес жана ал ар кандай типтүү аймактардан турат (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5). Ар бир типтеги S_i үчүн δ_i константалары таандык. Ар бир активдүү булгануу аймагы үчүн орточолонгон δ чоңдугу төмөнкү формула боюнча аныкталат:

$$\delta = \sum_{i=1}^5 \frac{S_i}{S_{\text{AAA}}} \delta_i.$$

Мында δ -активдүү кирдөө аймагындагы атмосферанын салыштырмалуу кирдөө коркунучунун көрсөткүчү (бирдиксиз чоңдук); $S_{\text{абa}}$ – жалпы активдүү булгануу аймагынын аянты (га), i - аба бөлүгүнүн номери, аймактардын бирине таандык; S_i –аймактардын биринин аянты (га); δ_i i - типтеги аймактардын үстүндөгү атмосферанын салыштырмалуу булгануу коркунуч көрсөткүчү;

Абага чыгарылган жылдык булгоочу заттардын массасы ($M=M_{\text{жалпы}}$) газ түрүндөгү жана аэрозолдук аралашмалардын суммасынан турат:

Техногендик көмүртектин кош кычкылынын чөйрөгө тийгизген зыяндуу таасирин эсептөө

$$M = M_{\text{газ}} + M_{\text{аэрозоль}}$$

Газ түрүндөгү аралашмалардын абага чыгарылган жылдык таштандыларынын массасы ($M_{\text{газ}}$) төмөнкү формула боюнча эсептелет:

$$M_{\text{газ}} = \sum_{j=1}^6 A_j m_j$$

Ал эми аэрозолдук аралашмалардын таштандыларынын массасы ($M_{\text{аэрозоль}}$):

$$M_{\text{аэрозоль}} = \sum_{j=1}^2 A_j m_j$$

Мында $M_{\text{газ}}$ жана $M_{\text{аэрозоль}}$ – абага чыгарылган жылдык газ жана аэрозолдук таштандылардын массасы; j - булгоочу заттын түрү (j_1, j_2 - аэрозолдук заттар; j_3, j_4, j_5, j_6 - газ түрүндөгү заттар; A_j - j түрүндөгү аралашманын салыштырмалуу агрессивдүүлүк көрсөткүчү.

Аралашмалардын атмосферада таралышын көрсөткөн f - бирдиксиз коэффициенти төмөнкү формула боюнча аныкталат:

а) газ түрүндөгү аябай аз чөгүү ылдамдыгына ээ аралашмалар үчүн (1 м/с):

$$f_1 = f_{\text{газ}} = \frac{100(m)}{100(m) + \phi h} \cdot \frac{4(m/\text{сек})}{1(m/\text{сек}) + y};$$

б) 1 - 20 м/сек чейинки чөгүү ылдамдыгына ээ болгон бөлүкчөлөр (аэрозоль) үчүн:

$$f_2 = f_{\text{аэр}} = \sqrt{\frac{1000(m)}{60(m) + \phi h}} \cdot \frac{4(m/\text{сек})}{1(m/\text{сек}) + y}.$$

мында y - шамалдын ылдамдык модулуна орточо жылдык чондугу (м/сек); ϕ - бирдиксиз коэффициент; h - труба бийиктиги.

Газдардын атмосферага тийгизген зыяндуулугу. Жалпы зыяндуулук эки түрдүү параметрлерге ээ. F ($f_{\text{газ}}$ жана $f_{\text{аэр}}$) эки түрдүү аралашмалардын ($M_{\text{газ}}$ жана $M_{\text{аэр}}$) таштандыларынын зыяндуулуктарынын суммасына барабар. Ошондуктан,

$$u = u_1 + u_2 = j\phi f M_{\text{газ}} + j\phi f M_{\text{аэр}}.$$

Абаны булгоодогу төлөө акысын эсептөө. Акынын жалпы суммасы төмөнкү формула боюнча эсептелет:

$$\Pi_{\text{жалпы}} = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3.$$

Мында Π_1 – чектүү деңгээлдеги таштанды үчүн акы (ЧДТ); Π_2 – чектүү деңгээлден ашкан, бирок убактылуу макулдашылган чектеги таштандылар үчүн акы (УЧТ); Π_3 – убактылуу макулдашылган чектен ашкан таштандылар үчүн акы (УЧАТ).

Π_1, Π_2, Π_3 маанилери төмөнкү формула боюнча эсептелет:

$$\Pi_1 = P M_1;$$

$$\Pi_2 = 5 P M_2;$$

$$\Pi_3 = 25 P M_3.$$

Мында P – акы нормативи (сом/шарт. т); M_1 – чектүү деңгээлдеги таштандынын массасы (шарт. т); M_2 – чектүү деңгээлден ашкан бирок убактылуу макулдашылган чектеги таштандынын массасы (шарт. т); M_3 – убактылуу макулдашылган чектен ашкан таштандынын массасы (шарт. т).

M_1, M_2, M_3 маанилерин аныктоо

а) жылдык жалпы таштандынын массасы ($M_{\text{жалпы}}$):

$$M_{\text{жалпы}} = M_1 + M_2 + M_3$$

б) убактылуу макулдашылган чектен ашкан таштандынын массасы булгоочу заттын жалпы массасынын $\Delta M(\%)$ чоңдугун түзөт. M_3 чоңдугу:

$$M_3 = \frac{M_{\text{жалпы}} \Delta M(\%)}{100\%}.$$

в) M_1 жана M_2 чоңдуктарын эсептейбиз. Алардын суммасы:

$$M_1 + M_2 = M_{\text{жалпы}} - M_3$$

Эгерде убактылуу макулдашылган чектеги таштанды чектүү деңгээлдеги таштандыдан 20% көп болсо анда,

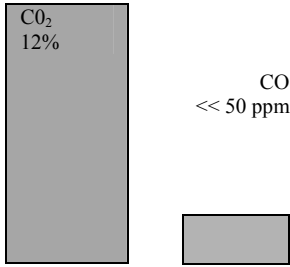
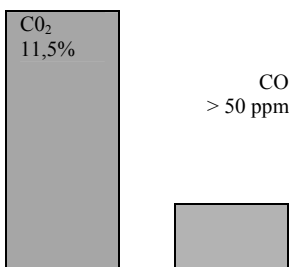
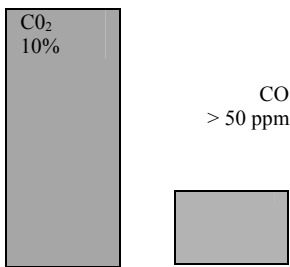
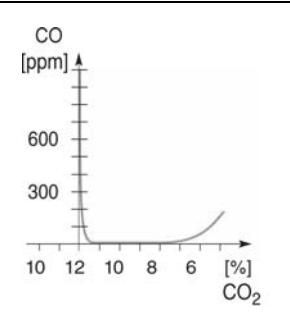
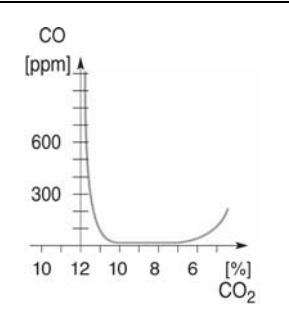
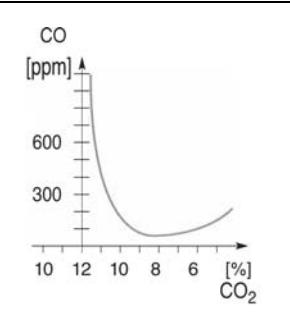
$$\text{УЧТ} = 1,2 M_1; \text{ ал эми } M_{\text{жалпы}} = \text{УЧТ} + \Delta M = 1,2 M_1 + \Delta M.$$

Тиешелүү түрдө,

$$M_1 = \frac{M_{\text{жалпы}} - \Delta M}{1,2}$$

$$M_2 = \frac{M_{\text{жалпы}} - \Delta M}{1,2} 0,2.$$

Таблица 1. Ашыкча аба менен CO көлөмү ортосундагы байланыш

Күйүүнүн оптималдык шарттары	Күйүүнүн жакшы шарттары	Күйүүнүн терс шарттары
<p>Өлчөө</p>  <p>CO₂ 12%</p> <p>CO << 50 ppm</p>	<p>Өлчөө</p>  <p>CO₂ 11,5%</p> <p>CO > 50 ppm</p>	<p>Өлчөө</p>  <p>CO₂ 10%</p> <p>CO > 50 ppm</p>
 <p>CO [ppm]</p> <p>600</p> <p>300</p> <p>10 12 10 8 6 [%] CO₂</p>	 <p>CO [ppm]</p> <p>600</p> <p>300</p> <p>10 12 10 8 6 [%] CO₂</p>	 <p>CO [ppm]</p> <p>600</p> <p>300</p> <p>10 12 10 8 6 [%] CO₂</p>

Түтүн газдарындагы көмүр кычкыл газынын өлчөмүн аныктоодо кээде башка газдарга салыштырмалуу эсептөө жолун колдонушат. Анткени ал түтүн газдарында салыштырмалуу аз өлчөмдө кармалат жана аны CO карата табуу ыңгайлуу. Жогорку графикте күйүү процессинде пайда болгон түтүн газдарындагы көмүртек кычкылы менен көмүртек кош кычкылынын ортосундагы көз карандылык берилген (табл-1). Графикте көрүнгөндөй CO₂ 10% кезинде CO 170 млн⁻¹ (ppm) сандык өлчөмгө ээ. Эсептөөлөрдү ушул көз карандылык боюнча жүргүзөбүз. 170 ppm мг/м³ өткөзүү үчүн төмөнкү теңдемени колдонобуз:

$$P = 1,22 \cdot 10^4 \text{ М/Т.}$$

CO газы үчүн 20°C температурада : $p = 1,22 \cdot 10^4 \cdot 0,028/293 = 1,16 \text{ кг/м}^3 = 1,16 \cdot 10^6 \text{ мг/м}^3 = 1,16 \text{ млн}^{-1}$. $A_0 = 1,16$, $C_{CO} = 170$. $1,16 = 197,2 \text{ мг/м}^3$. Эми CO туура келген CO₂ табыш үчүн пропорция түзөбүз: $CO_2 = 197,2 \cdot 10/100 = 19,72 \text{ мг/м}^3$. Демек, график боюнча түтүн газында CO 170 ppm болсо CO₂ 10% болот. Проценттик катыштар боюнча CO₂ 19,72 мг/м³ болуп чыкты. Бул теңдештикти мындан аркы шарттуу эсептөөлөрдө кеңири колдонобуз. Алынган натыйжалар таблица-2 берилди.

Таблица 2. Өнөр-жай мештеринен чыккан түтүн газдарындагы CO₂ өлчөмү жана анын зыяндуу таасири

Мештер	H (м)	D (м)	V (м ³ /сек)	T _{т.г.} (°C)	τ (жыл)	U (м/с)	C _{CO₂} (мг/м ³)	C _{CO₂} (т/жыл)	У (сом/жыл)
ДКВР-2,5-В ДКВР-6,5- В ДЕ- 10-14	32	0,6	14,86	120	0,33	3,4	14,4 125	2,28	4,223
							3,5 3,0	0,539	1,026
ДЕ-25-14(ГМ)	80	3,0	9,92	130	-	1,5	32,0 27,2	10,017	19,37
							10 8,5	3,1305	5,70
ГМ- 50 (2) ДКВР-6,5/13 (2) Б-25-15(ГМ)	83	3,0	110,86	130	-	4,3	12,5 10,6	43,73	39,04
							3,9 3,0	13,64	12,17
Е-1/9-1М (2М)	22	0,6	0,833	135	-	2,7	6,5 5,5	0,17	0,4307
							3,5 2,9	0,092	0,082
ДКВР-4/В	40	2	2,5	185	-	3,7	31,0 22,9	2,44	3,33
							14,0 10,4	1,10	2,75
ПТВМ- 30М	40	2	39,72	185	0,58	3,7	29,5 21,8	21,44	29,27
							12,5 9,2	1,56	2,12
КЕ _а - 4- 14 (2 даана)	25	1,0	5,44	130	0,416	3,0	8,025 6,8	0,576	1,3
							3,01 2,5	0,21	0,48
Е- 1/9 М (4 даана)	24	0,4	0,413	135	-	3,2	7,2 6,0	0,094	0,21
							3,7 3,1	0,048	0,1
ДКВР- 4/В (3 даана)	23	0,6	9,271	174	-	3,0	5,3 4,0	1,55	3,86
							2,7 2,0	0,78	1,94

Натыйжалар

Күйүү процессинде көмүртектин кычкылдарынын пайда болуу жана алардын бири-бирине өтүү механизмдери, абадагы кычкылтектен көз карандылыгы диаграмма жана графиктик схемаларда берилди. Көмүртектин кычкылынын эксперименталдык концентрациясына байланыштуу CO_2 газ фазасындагы өлчөмү жана агрессивдүүлүгү шарттуу мааниде эсептелди. Ар түрдүү кубаттуулуктагы өнөр жай мештеринен чыккан техногендик түтүн газдарындагы көмүртектин кош кычкылынын чөйрөгө тийгизген таасири мордун бийиктигине жана диаметрине, шамалдын ылдамдыгына, температуранын маанисине байланыштуу эсептелип, чөйрөнү кирдетүү аянты аныкталып, келтирилген зыяндуулукка карата төлөө өлчөмдөрү белгиленди. Чөйрөдөгү техногендик көмүртектин кош кычкылынын зыяндуу таасирин азайтуунун экологиялык, физика-химиялык жана технологиялык жолдору сунушталды.

Сунуштар

Көмүртек кош кычкылынын чөйрөгө тийгизген зыяндуу таасирин азайтуунун жолдору адабияттык жана эксперименталдык анализдин негизинде белгиленди: CO_2 атмосферага чыгарбай океандын түбүнө чоң көбүк түрүндө сордуруу; CO_2 белгилүү бир бөлүгүн фотосинтездин негизинде сиңирүү; газды күйүүчү отундан ажыратуу; газды герметикалык контейнерлерде сактоо; ТЭЦ өндүү ири булгоочу булактарда моноэтаноламин менен газды кармап калуу; жылуулук энергиясын алууда CO_2 санын азайтуу; көмүртек камтыган отунду атайын буу жана кычкылтек менен иштетип, синтетикалык газды алуу; суутек энергетикасын колдонуп, CO_2 проблемасын толук чечүү; газды сактоо технологиясын иштеп чыгуу; газды туз көбүкчөлөрүнө сиңирүү (силикаттар менен аракетке келип, карбонат жана бикарбонаттарды пайда кылат); жаны технологияны колдонуп метандан CO_2 бөлүп, зыяндуу газды кайра деңизге сиңирип туруу үчүн деңиздин түбүндөгү суу жана кум катмарын контейнер катары колдонуу; көмүртек кош кычкылын бир клеткалуу балырларды көбөйтүүдө колдонуу; атмосферадагы көмүртек кош кычкылын жаш карагайлар, балатылар аркылуу сиңирүү; өндүрүштөргө фильтрлерди киргизүү жана иштеп чыгуу; экологиялык жактан таза энергия булактарын колдонуу; таштандысыз өндүрүш технологияларын пайдалануу; унаалардын газдарын азайтуу жана шаарларды, айылдарды жашылдандыруу; энергиянын жаңы булактарына өтүү; гелиотетиктерди жана шамал кыймылдаткычтарын колдонуу менен электро-энергияны алуу.

АДАБИЯТТАР

1. Santoro, M. «Amorphous silica-like carbon dioxide.», 2006.
2. Hannan, Jerry. «Your role in the greenhouse effect». Retrieved on April 19, 2006.
3. Falkowski P. Scholes RJ. Boyle E. «The global carbon cycle: a test of our knowledge of earth as a system». [Journal Article. Review] Science. 2000.
4. Shukman, David. «Sharp rise in CO₂ levels recorded. BBC News», Retrieved on April 19, 2006.
5. Gerlach, T.M., «Present-day CO₂ emissions from volcanoes: Eos, Transactions, American Geophysical Union», Vol. 72, No. 23, June 4, 1991.
6. Keeling, C.D.; T.P. «Whorf. Atmospheric carbon dioxide record from Mauna Loa. Retrieved on April» 19, 2006.
7. Койчукулов Э.А. «Техногендик көмүртек кычкылынын чөйрөгө тийгизген терс таасирин эсептөө. Бишкек, 2006- 74 бет.
8. Маймеков З.К. «Разработка физико-химических основ использования газо-жидкостных потоков при оптимизации процессов сжигания топлива и рекарбонизации водно-солевых систем» Москва, 1994 - 50 с.

TARIM ATIKLARINDAN BİYOGAZIN ELDE EDİLMESİ

Nurettin ÇEBİ

Çevre Mühendisliği Bölümü 4 Sınıf Öğrencisi, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi,
Bişkek, Kırgızistan

Dr. Nurlan MAMATOV

Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, Bişkek, Kırgızistan

Özet

Medeniyet gelişimi bütün teknik biliminin içerisinde [1]. Gelişen teknoloji özellikle sanayi devriminden sonra insanların enerjiye olan ihtiyaçlarını gittikçe bağımlılık haline getirmiştir. [2].

Günümüzde zorunlu hale gelen enerji ihtiyacı ve olumsuz sonuçlarına karşı geliştirilmeye çalışılan projeler, temiz ve dönüşebilen enerji kaynakları olarak önemini arttırmaktadır. Bu çalışmalar sayesinde alternatif enerji kaynakları üretilebilmektedir ve en önemlisi bu enerjinin temiz olması dolayısıyla ikincil kirlenmeler oluşmamasıdır. Temiz ve dönüşebilen enerji kaynakları çevresel felaketlerin kaçınması da şu anda insanlığın başvurması zorunlu olan adreslerden biri olarak gözükmektedir.

Gübre içerisinde çok değişik türde mikroorganizmaların bulunması mümkündür. Söz konusu bu deney gübre içerisindeki mikrobiyolojik faaliyetleri varlığını göstermektedir. Yalnız bu deneye biyogaz oluşumu açısından baktığımızda ise oluşan gazın biyogaz olma ihtimali yok denecek kadar azdır. Çünkü gübre ya da gübreler taze olmasa bile akla ilk gelen biyogaz kriteri olan süre ideal biyogaz oluşum süresi değildir. Oluşan gaz içerisinde metan gazı oluşsa bile istenilen oranın çok altında kalacaktır. Oluşan gazın türü karbondioksittir ve biyogaz oluşum süreci olarak baktığımızda bu biyogaz oluşum sürecinin birinci aşaması olan Fermantasyon ve Hidroliz aşamasıdır.

Doğal gaz gibi yollarla enerji üretim yolları diğer metotlara kıyasla daha temiz gibi gözüküyor olsa da yenilenebilir bir kaynak olmadığından sınırlı bir kaynaktır. [3].

Anahtar sözcükler: dönüşebilen enerji kaynakları, gübre, biyogaz.

Giriş

Kırgızistan'da ve özellikle başkent Bişkek'te hava kirliliği önemli problemlerden biridir. Bu yüzden temiz enerji kullanımının yaygınlaştırılması bu açıdan da önem taşır. Örneğin Bişkek'te merkezi ısıtma birimleri (TEII) şehre 300 ton toksin madde ve her günde 15 kilogram ağır metal saçmaktadır [4].

Kırgızistan'da özellikle son yıllarda dünya çapında gereksinimi artan temiz enerji ihtiyacı yerli ve yabancı proje kaynaklarıyla desteklenmeye başlanmıştır. 18 Mart 2004 tarihinde Japon "JICA" merkezi Kırgızistan temsilciliği tarafından biyogaz teknolojisi

ve biyogaz öğretisinin yaygınlaştırılması yönünde çalışanlar arasında toplantı düzenlenmiştir. Bu toplantıda Kırgızistan temsilcileri tarafından sunulan raporlar dinlenmiş ve aynı şekilde Kazakistan temsilcileri tarafından da Kazakistan'daki biyogaz teknolojisinin imkânları üzerinde durulmuştur.

Japon temsilciler tarafından sunumu gerçekleştirilen konularda özellikle Japonya'daki biyogaz üretim teknolojisi sürecinin nasıl işlediği, günümüzde bu alanda hangi kazanımların elde edildiği ve hangi problemlere sahip olduğundan bahsedilmiştir. Kırgızistan temsilcileri de sunumlarıyla Kırgızistan'daki biyogaz üretim teknolojisinin durumundan bahsetmişlerdir.

Toplantı sonunda aşağıdaki kararlara varılmıştır:

1. Çiftçilere düşük faizli mikro krediler önermek.
2. Bu alandaki öğretinin yaygınlaştırılmasına destek vermek.
3. Kırgızistan'da bu yönde gelişen organizasyonlarla söz konusu alanda işbirliği yapmak.

Günümüzde anlaşılmıştır ki, Biyogaz üretimi için tarımsal atıkların modern çevresel temiz teknolojik yolla işlenmesi alanında Kırgızistan'da yüksek düzeyde imkânlar bulunmaktadır. Bu alanda Kırgızistan'daki olanakların yanında ispat edilmiştir ki bu tip tesislerim tarım alanında geniş ölçekli kullanımıyla kırsal kesimdeki yaşayanların da hayat standartlarını yükseltmektedir. Kişi kendi bahçesindeki hayvan artıklarının işlenmesiyle alınan biyogazı günlük ihtiyaçlar için kullanabilir ve kullanılmış artıklarda organik gübre elde edebilir. Aynı şekilde kişi ya da kişiler biyogaz ve gübre satışı yoluyla kendi işini kurma imkânına erişebilirler. 2003 deki verilere göre Kırgızistan'da biyogaz tesisi olanakları için danışmanlık hizmetlerine 20 köy sakini katılmıştır. Ve üç çiftçi proje siparişi vermiştir. Geriye kalanlar ise bu alandaki yoğun ihtiyaca rağmen tesislerin kurulum denemelerini reddetmişlerdir. Biyogaz tesisi inşaatı ve tesis işlenmesi siparişi veren çiftçilere danışmanlık hizmetleri sunulmaktadır. Bu hizmet sayesinde çiftçiler minimum ücretlerle biyogaz üretim tesislerinin montaj ve inşaat alanlarında aynı anda tecrübe sahibi olurlarken bu tesislerin kendileri tarafından kendi köylerinde işlenmesi olanaklarını da elde etmektedirler.

Şu anda Kırgızistan'da orta ölçekte 10 adet modern (20–150 m³ kapasiteli biyoreaktörler) ve 10 adet de 3 m³ den 10 m³ 'e kadar kapasitedeki el yapımı biyoreaktörler bulunmaktadır. Ülkede bütün işlenebilir topraktaki gübre ihtiyacını karşılayabilmek için ülkedeki mevcut gübrenin %50'sinin (2,5 milyon Ton) kullanımı yeterli olacaktır. Üstelik böylece 100 milyon m³ biyogaz ve 1,2 milyon ton organik gübre elde edilmiş olacaktır. Bu problemin çözümü için ülkede 10–12 yıl içerisinde çiftlik ve avlularda 10 bin'e kadar biyogaz tesisinin kurulması gerekmektedir. Bu 1,2 milyon ton artığın kullanılmasıyla işlenebilir toprakların organik gübre ihtiyacı karşılanabilir. Köy halkının çoğunluğu büyük ve küçükbaş ev hayvanlarına sahiptir. Bu hayvanlardan meydana gelen artıklar kurutulmakta ve kezek (Türkiye'de tezek, Rusça kizyak) adı verilen kalıplar halinde yakılarak köylerde ısıtmada kullanılmaktadır. Ne var ki bu artıklar gübre şeklinde ancak bir kısım toprağı gübrelemeye yetmektedir.

Zaten ısıtma için kullanılan tezekte kışın 1 odanın ısıtılması için kullanılmaktadır. Elektrik aydınlatma için kullanılmakta ve o da sık- sık kesilmektedir. Kolhozların ortadan kaldırılmasıyla köy halkının ezici çoğunluğu işsizdir. Kendi toprağını işleyen bu kişiler ve sezonluk çalışmalarla küçük ücretlerle ve düşük ürünlerle hayatlarını devam ettirmektedirler. Halkın önemli bir kısmı ise biyogaz üretim tesisi kurabilecek ve işletebilecek kapasiteye sahip oldukları tesviyecilere, kaynakçılara, traktörcülere ve şoförlere sahiptirler. Biyogaz tesisleri sıcak su temini için köylerde kullanılabilir. Aynı şekilde elde edilecek gaz evlerde, gazla çalışan motorların işletilmesinde, araçların depolarında, benzin ve dizelin yerine de kullanılabilir.

Köy alanlarında biyogaz üretimi için gerek iş gücü gerek hammadde olsun her şey şu anda bulunmaktadır. Gerekli olan yani olmayan tek şey ise imkânlardır. 600.000 ailenin yaşadığı köy yerleşim bölgelerinde binlerce kişi bu tesislerden istemektedir. Her 50–60 aileye bir tesis olmak üzere 10–12 bin tesis civarında bir rakama ihtiyaç duyulmaktadır. Biyogaz tesislerinin geniş ölçekte kullanılması ülkedeki fakirlik oranının azaltılmasında büyük oranda olumlu etki gösterecektir. Organik gübrenin sistemli bir şekilde elde edilmesinin ardından kullanılmasıyla ürün oranlarında %15–20 oranında bir artış beklenmektedir. Böylece bu tesislerin kurulumu ne kadar kısa süre içerisinde gerçekleştirilirse köy insanının hayatına olumlu yönde etki edecek ve köylerdeki yaşam standartlarını geliştirecektir. Bir köylünün avlusuna kurulacak olan 10 m³ lük bir reaktör ile bir yılda 3–4 bin m³ biyogaz ve 100–150 ton organik gübre elde edilmesi mümkün olacaktır. Kışın elde edilen gaz tam anlamıyla evlerde ısınma ve yemek yapma faaliyetleri için kullanılacaktır. Örnek olarak verilecek olursa yazın elde edilecek 1200 m³ biyogaz m³'ü 3 somdan satılacak olursa bu kişiye 3600 som gelir sağlayacaktır. Organik gübrenin 100 ton olduğunu örnek verecek olursak 1 ton'u 500 som olarak satılması durumunda ise 100*500 = 50 bin som gibi bir geliri yılda sağlayabilir. 50.000 somdan fazla olacak bu gelir köylüye layık olan hayat standardını sağlayabilir. Şu anda bu yöntemle elde edilecek olan organik gübrenin 1 tonu 500 somdur ancak bu oran daha da yükselebilir. Bugün Rusya'da aynı 1 ton organik gübreye verilen fiyat 5000 somdur. Ülkede biyogaz üretiminin yavaşlamasının sebebi olarak aşağıdaki faktörler görülmektedir:

1. Halkın fakirliği
2. Halkın biyogaz üretimi konusunda yeterince bilgi sahibi olması ve yok denecek kadar az olan pilot tesisler.
3. Teknik ve kurulum yardımı verecek kuruluşların ve mikro kredi sağlayacak şirketlerin bulunmaması.
4. Hükümetin bu alanda yeterli desteğinin bulunmaması.

Yukarıda bahsedildiği gibi ülkede biyogaza olan ihtiyaç gerçekten çok büyüktür. Üstelik köy alanlarında gerilemeyi durdurmak ve ürün miktarını arttırmak, köy halkını ısınma ve yemek pişirme amaçlı biyogaz ile temin etmek, köy insanına daha kaliteli bir hayat sunmak için biyogaz üretimi önem arz etmektedir[6].

Kırgızistan'da şu anda biyogaz üretimine verilen yukarıda bahsedildiği gibi hissedilir ölçüde artmıştır ve yaygınlaştırılması beklenmektedir. Bununla birlikte Bişkek'te 14 Aralık 2006'da yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının kullanımı adıyla bir konferans düzenlenmiştir. Konferansta günümüzün belli başlı temiz enerji kaynakları olan güneş, rüzgâr, jeotermal, biokütle ve dalga enerjilerinin kullanım olanakları görüşülmüştür. Konferansta Kırgızistan'ın konumu itibarıyla yılda 4,64 milyar MW/saat güneş enerjisi aldığından bahsedilmiştir. Rüzgâr enerjisi ile ilgili olarak da yerden yüksekliği 100 metreye kadar olacak yükseklikte elde edilebilecek enerji miktarının yılda 2 milyar MW olduğundan söz edilmiştir. Biokütle enerjisi yönünde de Alaybek Obozov'un değerlendirmesine göre Kırgızistan'daki organik kaynakların kullanılması ile yılda 1 milyar 61 milyon m³ metan gazının alınmasına olanak verecek şartlar bulunmaktadır.

Konferans sonunda açıklanmıştır ki şu anda Kırgızistan'da sanayi kuruluşları ve enstitüler güneş konvertisörleri ve güneşle su ısıtıcıları tesislerinin ve aynı şekilde de biyogaz tesislerinin donanımlarının faaliyete geçmiştir[7].

Materyal ve Metodlar

Üniversitemizin Çevre Laboratuar'ında biyogaz elde etmek üzere üç çeşit gübreden yararlanılmıştır. Bunlar küçükbaş, büyükbaş ve kümes hayvanı gübrelere dir. Büyükbaş hayvan gübresi için inek gübresi, küçükbaş hayvan gübresi için keçi gübresi ve kümes hayvanı gübresi içinde tavuk gübresi kullanılmıştır. Deney öncesinde gübre teminindeki farklılıkların deneylere etkisi kaçınılmazdır. Örneğin kullanılan inek gübresi çok taze olmasına rağmen diğer iki gübre özellikle tavuk gübresi kuru ve beklemiş bir gübre olması deney sonuçlarını etkilemiştir. Deney sonuçlarının yorumu yapılırken bu farklılıklar da göz önünde tutulmuştur.

Birinci Deney

Amaç: Belli bir süre içinde biyogaz oluşum sürecinin başlangıcı olan mikrobiyolojik faaliyetlerin basınçölçerle olası gösterimi.

Yapılışı: Birinci deneyde üç gübre çeşidi bulundurdukları katı madde oranlarını seyreltilmesi için öngörülen oranlarda su ile karıştırılmıştır. Deneyde kullanılan basınçölçerin birimi kg*kuvvet/cm²'dir. Ve basınç ölçümleri şişelerin tepeleri delinerek yapılacaktır.

Tablo 1. Deneydeki Gübreler İçin Seyreltme Oranları

Gübre Çeşidi	Seyreltme Oranı (Gübre / Su)
Tavuk (Kümes Hayvanı)	1/3
Keçi	2/3
İnek (Sığır)	1/1

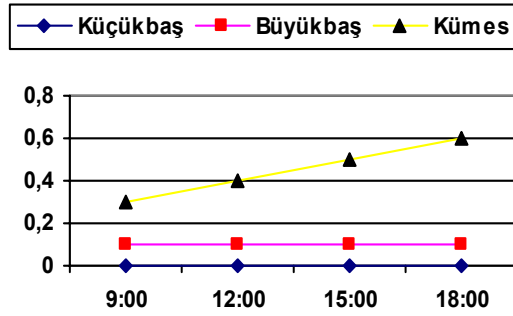
Tavuk gübresi 1/3 (Gübre / Su), keçi gübresi 2/3 (Gübre / Su) oranında, inek gübresi de 1/1 (Gübre / Su) oranında her tür gübreden 4 adet olmak üzere toplam 12 adet 500 ml. lik pet şişeye %50 oranında koyuldu. Yani her pet şişede 250 ml. lik gübre-su karışımı elde

edilmiş oldu. 12 pet şişe mezofilik şartlar için uygun olan 21–25 °C sıcaklıkları arasında bekletilmek üzere 25 Aralıkta öğlen 12’de ağızları sıkıca kapatılarak laboratuara koyuldu. 27 Aralık sabah saat 9.00’da yani tam olarak 45 saat sonra 3 gübre türündeki üç pet şişenin basınçları ölçüldü ve kaydedildi. Aynı işlem 3’er saat arayla 3 kere daha tekrarlanarak akşam saat altıda bütün ölçümler tamamlanmış oldu. Yapılan işlemler sonucunda alınan sonuçlar aşağıdaki Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. 1. Deney Sonunda Elde Edilen Sonuçlar

	Basınç kg*kuvvet/ cm ²	Basınç kg*kuvvet/ cm ²	Basınç kg*kuvvet/ cm ²	Basınç kg*kuvvet/ cm ²
	T=22 °C, 9:00	T=23 °C ,12:00	T=24 °C, 15:00	T=25 °C, 18:00
Büyükbaş	0.1	0.1	0.1	0.1
Küçükbaş	0.0	0.0	0.0	0.0
Kümes	0.3	0.4	0.5	0.6

Elde edilen değerlerle bir grafik çizildiğinde ise aşağıdaki şekil ortaya çıkmaktadır.



Şekil 1. 1. Deneyde Alınan Ölçümlerin Grafiği

İkinci Deney

Amaç: Üç gübre türünden öngörülen süre içerisinde biyogaz üretiminin sağlanması ve elde edilen gaz miktarlarının karşılaştırılması.

Yapılışı: Bu deneyde aynı üç çeşit gübre alınmıştır.(Keçi, Sığır ve Tavuk Gübreleri). Alınan gübreler tablo18’ deki karıştırma oranlarına göre seyreltilmiştir. Üç gübre örneği üç adet birer litrelik pet şişeye 750 şer ml doldurularak 27 Aralıkta ilk 2 günlüğüne 37 °C deki termostata koyulmuştur. Bu sıcaklık biyogaz oluşumu için uygun bir sıcaklık olduğundan deney başındaki mikrobiyolojik faaliyetler deney ortası ve sonuna göre daha hızlı olmuştur. Daha önceki denemelerde şişe ağzına kadar doldurulduğu için taşma olduğundan bu deneyde bu hata tekrarlanmayarak şişeler ağızlarına kadar doldurulmamıştır. Bu işlemde şişelerin ağızları sağlam bir şekilde gazın birikebileceği

balonlarla kapatılmıştır. Şişeler iki gün bekleddikten sonra, gazın daha rahat birikebilmesi için daha yüksek ve büyük olan 26 °C'lik termostata koyulmuştur. 29 Aralık itibarı ile kümes gübresinde belirgin ölçüde gaz birikimi gözlemlenmiştir. Bu tarihten sonra şişeler laboratuara alınmış ve kalorifer yanındaki bölgede yaklaşık olara 30–35 °C sıcaklık altında bekletilmiş ve her gün karıştırma işlemi gübrelere uygulanmıştır. Deney'e 16 Ocakta yeterli görüldüğü için son verilmiştir. Yaklaşık olarak geçen 20 günlük bekleme süresi sonucunda, belirli miktarlarda gaz oluşumları gözlenmiştir. Deney sonucunda tavuk gübresinden 110,27 cm³, sığır gübresinden 110,91 cm³, keçi gübresinden de 158,77 cm³ gaz elde edilmiştir. Elde edilen gazların analizi için en geçerli ve uygulaması kolay yöntem olan yakma işlemi kullanılmıştır. Her pet şişe üzerindeki balonların üzeri bantla kapatılıp bir ucu cam boruya bağlı şırıngalarla delinerek, cam boru ucunda yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak gerçek anlamda yanma keçi gübresiyle elde edilen gazda gözlenmiştir. Diğer şişeler olan tavuk ve sığır gübresinden elde edilen gazlar yakılmaya çalışıldığında doğal gaz benzer bir yanma olayı gerçekleşmediği için bu iki şişe üzerinde biriken gazlar biyogaz özelliğinde değildir.

SONUÇLAR

1. Deney: Alınan bu basınç ölçümleri şişeler içerisindeki gübrede meydana gelen mikrobiyolojik faaliyetlerin bir sonucudur. Deneyde görüldüğü gibi en fazla basınç artışı yeni olmayan ve saflığı net olmayan kümeden alınan tavuk gübresine meydana gelmiştir. Gübreler içindeki en taze olan sığır gübresinde ise belirli bir basınç oluşmuş ve sabit kalmıştır. Keçi gübresinin bulunduğu şişede ise bir basınç değişikliği gözlenmemiştir. Gübre içerisinde çok değişik türde mikroorganizmaların bulunması mümkündür. Söz konusu bu deney gübre içerisindeki mikrobiyolojik faaliyetleri varlığını göstermektedir. Yalnız bu deneye biyogaz oluşumu açısından baktığımızda ise oluşan gazın biyogaz olma ihtimali yok denecek kadar azdır. Çünkü gübre ya da gübreler taze olmasa bile akla ilk gelen biyogaz kriteri olan süre ideal biyogaz oluşum süresi değildir. Oluşan gaz içerisinde metan gazı oluşsa bile istenilen oranın çok altında kalacaktır. Oluşan gazın türü karbondioksittir ve biyogaz oluşum süreci olarak baktığımızda bu biyogaz oluşum sürecinin birinci aşaması olan Fermantasyon Ve Hidroliz aşamasıdır. Çünkü bu aşamada fermentative ve hydrolytic bakteriler olarak isimlendirilen bakteri grupları organik maddenin üç temel ögesi olan karbon hidratları (C₆H₁₀O₅)_n, proteinleri (6C 2NH₃ 3H₂O) ve yağları (C₅₀H₉₀O₆) parçalayarak CO₂, Asetik asit ve büyük bir kısmını da çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler. Bu deney sonucunda görünen mikrobiyolojik faaliyet sonrası oluşan gaz bu aşamada meydana gelen karbondioksit gazıdır.

2. Deney: Yukarıda da bahsedildiği gibi deney sonucunda tavuk gübresinden 110,27 cm³, sığır gübresinden 110,91 cm³, keçi gübresinden de 158,77 cm³ gaz elde edilmiştir. Deneyde gaz birikimi gözlemlendiğinden Deney süresi için 20 gün yeterli görülmüştür. Yalnız deney sonucunda tavuk ve sığır gübrelere istenilen kalitede sonuç vermemesi gübre özelliğine bağlı olabileceği gibi bekleme süresinin yetersizliğinden de olabilir. Bu deney sırasında ki karşılaşılan en büyük problem karışımı içeren pet şişelerin bulunduğu ortamlarda oluşturduğu istenmeyen kokular olmuştur. Bu problem bekleme süresinin yeterli görülmesinin de bir başka sebebidir.

KAYNAKLAR

1. СВИДЕНКО В.Н. *Перспективы Развития Энергетики*. (2000).
2. HARMAN, John. *Renewable Power Association Biogas*. (2004).
3. *The Modern Importance Of Biogas*. Habmigerninfo/biogaz.html. (2003).
4. БОГДАНОВ Альберт. *Рычаг Архимеда. Кыргызстан может сделать переворот в энергетике и экологии*.(2001).
5. EUROBSERV'ER. Erec, Josef Stefan Institute. *Biyogaz Barometer*. (2005).
6. ОБОЗОВ, А.Д. Кыргызстан: *Использование современных экологически чистых технологий*. (2004).
7. СУАНБЕКОВ, Маулен. 24.kg, *В Кыргызстане Состоялась Конференция Об Использовании Возобновляемых Источников Энергии*. (2006).
8. ALİBAŞ Kamil, Yahya ULUSOY ve Yücel TEKİN. *Biyogaz Üretimi*.(1999).
9. ÖZTÜRK, Mustafa. *Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi*. (2005).
10. ОБОЗОВ А.Д. *Возобновляемые Источники Энергии*. Кыргызский Государственный Технический Университет. (2006).

**ТАБИГЫЙ ИЛИМДЕР
ЖУРНАЛЫНЫН ПРИНЦИПТЕРИ**

**FEN BİLİMLERİ DERGİSİ'NİN
YAYIN İLKELERİ**

**ПРИНЦИПЫ ЖУРНАЛА
ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**PUBLISHING PRINCIPLES
OF NATURAL SCIENCES JOURNAL**

ТАБИГЫЙ ИЛИМДЕР ЖУРНАЛЫ

Манас университетинин журналы, алты айда бир жарыкка чыгат. Журналдын пландалган мөөнөт ичинде жарыяланышын редакциялык кеңеш көзөмөлдөйт. Редакциялык кеңеш макалалардын рецензияланышын талап кылат. Макалалардагы илимий жыйынтыктарга жана ой пикирлерге автор(лор) жана рецензенттер жооптуу.

Журналга оригиналдуу илимий макалалар кабыл алынат.

Жөнөтүлгөн макала мурун башка журнал, газета жана китепте жарыяланбаган болууга тийиш. Эл аралык симпозиумдарда жана конгресстерде колдонулган макалалар редакциялык кеңеш тарабынан каралгандан кийин басмага берилет.

Журналга түрк, кыргыз, англис жана орус тилдеринде жазылган макалалар кабыл алынат.

Редакцияга түшкөн макала жарыяланса да, жарыяланбаса да авторго кайтарылбайт. Басмадан чыкпаган макала архивде сакталат.

Текст, барактын бир жак бетине, сап арасы 2 интервал менен, четтерине 30 мм орун ташталып, шрифт өлчөмү 12 (Word), 210x297 форматтагы ак кагазга компьютерде басылат. Редакциялык кеңешке макаланын бир түп нускасы, эки көчүрмөсү жана дискеттеги электрондук варианты жиберилет.

Макаладагы кетирилген грамматикалык жана стилистикалык каталар үчүн автор(лор) жана рецензенттер жооптуу.

Журналга келген макалалар, тиешелүү тармактагы эки окумуштууга рецензияга жиберилет. Рецензент берилген мөөнөттө макаланы карап чыкпаса, башка адиске берилет.

Макаланын жарыяланышына рецензенттердин бири макул, экинчиси каршы болсо, макала үчүнчү рецензентке жиберилет жана анын берген жыйынтыгына жараша басуу тууралуу чечим чыгарылат.

Рецензентке макала авторунун аты-жөнү, дареги көрсөтүлбөй (аноним) берилип бааландырылат. Авторго макаласына ким рецензия бергени билдирилбейт.

КТМУнун басуу жобосуна ылайык авторго журнал жарыкка чыккандан кийин анын эки нускасы жана макаласынын он айрым басылмасы (оттиски) берилет.

Рецензенттерге университеттин редакциялык кеңеши туура көргөн өлчөмдө рецензия акысы төлөнөт.

Макаланы даярдоо эрежелери:

- Макаланын темасы кыскача жазылып анын мазмуну жөнүндө маалымат бериши керек. Теманын алдында автордун(лордун) аты жөнү, илимий даражасы жана наамы, изилдөө жүргүзүлгөн мекеме же окуу жайы, e-mail көрсөтүлөт.

- Аннотация макала жазылган тилде жана англисче жазылат. Аннотация теманы камтып, чакан көлөмдө жазылуу менен бирге макаланын бардык маанилүү жерлерин чагылдырышы зарыл. Аннотациянын төмөн жагында ачкыч сөздөр (Key Words) жазылышы керек.

- Колдонулган адабияттарга текст ичинде катары менен номерлер берилет. Адабияттын номери [1] сыяктуу квадраттык кашаа ичине алынат. Макаланын

аягында колдонулган адабияттар тиешелүү номер менен тизмеленет. Тизмеде адабияттарды жазуунун мисалдары төмөндө көрсөтүлгөн:

Макала: E. Oztekin, W. M. Warmuth, *Molecular Phys.*, 17 (1969) p.105

Китеп: R. A. Serway, S. V. Wyk, R. V. Green, L. H. Cadwell, *Physics for Scientist and Engineers*, ed. R. A. Serway, vol. 1 (S. College Publishing, London, 1992) 65p.

Китептин котормосу: Р. А. Сервай, *Табият илимдери жана инже-нердик физика*, Кот. редактор. К. Чолакоглу, мукаба 1 (Пальма, Анкара.1995) 65 б.

- Макаладагы таблица жана сүрөттөр (схема, диаграмма, чийме ж.б.) алдындагы жазуулары менен текстте тиешелүү орундарга коюлуп ирээти менен номерлениши керек.

Журналдын жарыяланган саны Интернетте окурмандарга сунуш кылынат.

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Fen Bilimleri Dergisi hakemli bir dergidir. Fen Bilimleri Dergisi, altı ayda bir çıkar. Makalelerin ortaya koydukları ilmi değerlendirmeler görüşlerden yazar(lar) ve hakemler sorumludur.

Dergiye gönderilen makalelerin önceden herhangi bir yerde (dergide, gazetede ve kitapta) yayınlanmamış olması gerekir. Uluslararası sempozyumlarda ve kongrelerde tebliğ olarak sunulan makaleler, yayın kurulu tarafından incelendikten sonra değerlendirilecektir.

Yazım dili Türkçe, Kırgızca, İngilizce ve Rusça'dır. Dergiye gönderilen makaleler yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmeyecektir. Yayınlanmayan makaleler, arşivde saklı tutulacaktır.

Metin sayfanın tek yüzüne, çift aralıklı, kenarlarda 30 mm boşluk bırakılarak 12 punto kullanılarak (210x297) boyutunda beyaz kağıda bilgisayar (Word) ile yazılmalıdır. Makale sahibi Yayın kuruluna biri orijinal ikisi fotokopi olmak üzere üç nüsha ve diskete vermelidir. Makale içinde dergide basıldığı haliyle görünen hataların sorumluluğu yazarlara ve hakemlere aittir.

Dergiye gönderilen makaleler, sahasında otorite olarak kabul edilen iki bilim adamına incelettirilecektir. Makalenin gönderildiği hakem, zamanında inceleme raporunu dergiye göndermediği takdirde çalışma başka bir hakeme gönderilecektir.

Raporların birinin olumlu, diğerinin olumsuz gelmesi durumunda makale, üçüncü hakeme gönderilecek ve gelen rapora göre yayın kararı alınacaktır.

Hakemlere incelenmek üzere gönderilen makalelerde çalışmayı hazırlayan yazarın adı ve adresi çıkarılacaktır. Makalenin yazarı, makaleyi sahasında hangi hakemin incelediğini bilmeyecektir.

Dergi yayımlandıktan sonra yayın kurulu tarafından yazara iki adet dergi ve on adet ayrı basım gönderilecektir.

Hakemlere, Üniversite yayın kurulunun uygun gördüğü bedel üzerinden "rapor inceleme ücreti" ödenecektir.

Hazırlanan makaleler aşağıdakileri içermelidirler:

- Başlık kısa ve konu hakkında bilgi verici olmalıdır.
- Başlığın bulunduğu sayfada yazar(lar)ın açık adı, ünvanı, araştırmanın yapıldığı üniversite veya kurumun adı, e-maili bulunmalıdır.
- Her makalenin yazım dilinde ve İngilizce özeti olmalıdır. Özet konuya hakim olmalı, kısa yazılmalı ve makalenin bütün önemli noktalarını vurgulamalıdır. Her makalede, özet altında, Anahtar sözcük verilmelidir
- Metin içinde ilk verilenden başlayarak birbirlerini izleyen numaraları alır ve metin içinde kaynağın aldığı numara esasına göre kaynaklar listesinde yer alır. Kaynak numarası [1] gibi köşeli parantez içinde yer alır. Makalenin sonundaki kaynaklar listesinin yazı örnekleri aşağıda gösterilmiştir:

Makale: E. Oztekin, W. M. Warmuth, Molecular Phys., 17 (1969), p. 105.

Kitap: R. A. Serway, S. V. Wyk, R. V. Green, L. H. Cadwell, Physics for Scientist and Engineers, ed. R. A. Serway, vol. 1 (S. College Publishing, London, 1992) 65 p.

Kitabın çevirisi: R. A. Serway, Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Çev. edit. K. Çolakođlu, cilt 1 (Palme, Ankara. 1995) 65.

- Makaledeki tablolar ve bütün görüntüler (çizim, diagram, harita v.s.) metin içinde yerleřtirilerek ardı sırayla numaralandırılmalıdır.

Derginin yayınlanan sayıları, İnternet'te okuyucuların hizmetine sunulacaktır.

ЖУРНАЛ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Журнал университета «Манас» выпускается раз в шесть месяцев. Редакционный совет несет ответственность за своевременный выпуск журнала. За научные оценки и взгляды, которые отражены в статьях, ответственны автор(ы) и рецензенты.

Журнал университета «Манас» принимает статьи оригинальных исследований.

Отправленные в журнал статьи не должны быть ранее опубликованы (в газетах, журналах, книгах). Доклады, представленные на международных симпозиумах и конгрессах, будут рассматриваться редколлегией.

Языки опубликования турецкий, кыргызский, английский и русский. Материалы, отправленные в журнал, не возвращаются, независимо от того, опубликована статья или нет. Неопубликованные статьи будут храниться в архиве.

Текст должен быть набран на компьютере на одной стороне белого листа, с двойным интервалом, с двух сторон нужно оставить поля по 30 мм, размер шрифта 12, размер бумаги (210X297). В редакционный совет отправляется текст в 3-х экземплярах, 1 оригинал и 2 ксерокопии, а также электронный вариант статьи на дискете.

Ответственность за грамматические и стилистические ошибки, допущенные в статье несут автор(ы) и рецензенты.

Отправленные в журнал статьи будут рассмотрены двумя экспертами, авторитетными в данной области.

Если рецензент, которому была отправлена статья, вовремя не вышлет отзыв, то работа будет передана другому рецензенту.

Если один из отзывов окажется положительным, а второй-отрицательным, то работа будет отправлена третьему рецензенту. Решение по поводу опубликования будет принято с учетом последнего отзыва.

В статьях, отправленных рецензентам для рассмотрения, не будут указаны фамилии авторов и их адреса. Автору статьи не следует знать, кем была рассмотрена его работа.

Согласно положению о публикациях после выхода из печати номера, автору будут отправлены два экземпляра журнала и десять оттисков статьи.

Оплата работы рецензентов производится в размере, определяемом редакционным советом университета.

Правила оформления статьи:

- Тема должна быть краткой и содержать информацию о статье.
- Под темой должны быть указаны полное имя автора (авторов), ученое звание и ученая степень, название учреждения или учебного заведения, где была выполнена работа, e-mail.
- Аннотация пишется на английском и на языке, на котором была написана статья. Аннотация должна быть краткой и отражать суть статьи и ее основные моменты. В конце аннотации даются ключевые слова (key words).
- Используемая литература указывается по мере ссылки в тексте и должна быть пронумерована. Номер ссылки заключается в квадратные скобки, как например [1]. Полное название источника должно быть указано в конце статьи в виде

списка в соответствии с нумерацией. Ниже приведены примеры записи литературы в списке:

статья: E. Oztekin, W. M. Warmuth, *Molecular Phys.*, 17 (1969) p.105.

книга: R. A. Serway, S. V. Wyk, R. V. Green, L. H. Cadwell, *Physics for Scientist and Engineers*, ed. R. A. Serway, vol. 1 (S. College Publishing, London, 1992) 65p.

перевод книги: Р. А.Сэрвей, *Физика для естественников и инженеров*, ред. перевода К. Чолакоглу, том 1 (Пальме, Анкара. 1995), 65 с.

- Все таблицы и рисунки(схемы, диаграммы, чертежи и др.) с пояснениями и подписями к ним должны быть размещены в тексте и пронумерованы.

Изданные номера журнала будут представлены читателям через Интернет.

NATURAL SCIENCES JOURNAL

Natural Sciences is a periodical with arbitrators. It is published once in six months. Writers and arbitrators are responsible for the ideas and evaluations suggested by them.

The articles sent to the periodical mustn't be published in any of periodical, newspaper before. The articles, which were presented at the symposiums and congresses, would be evaluated after the publishing council decision.

The languages in the periodical are Turkish, Kyrgyz, English and Russian. The articles sent to the periodical won't be given back whether it has been published or not. The unpublished articles will be kept in the archives.

The text must be only one side of a white paper (size 210x257), double-spaced, character is 12, and the text must be printed in the Word Format. Owner of the article should give three copies (one of them is original) in a diskette. After the publishing the mistakes are under the responsibility of the author and the arbitrators.

The articles sent to the journal will have the scientists checked who are the authority in that field. If the arbitrator, to whom the article was sent, didn't finish article checking on time, that article would be sent to another arbitrator. If one of the checking remark to the article is positive and the other is negative, in that case, the article will be sent a third one, and according to the reports result the publishing council will decide-to publish or not. The names and the addresses of the authors of the articles, which sent to arbitration will be taken away from the articles. The author of the article won't know the name of the arbitrators.

Two periodicals and ten separate article publishings will be sent to the author by the publishing council in return for examine. According to University editorial council's decision the arbitrators will be paid a suitable price approved by the council as "report inspection fee".

The articles must include the following items:

- Heading has to be short and clear.
- On the sheet where the heading is should be available the name, title and working place, e-mail of the author.
- For every article there have to be a summary in English and it should contain every point of the article, and it should be short and clear.
- The resources in the text have to be numbered one another they should be available in the references part/ The number of the reference is taken in an parenthesis with angle like [1].

The examples of the references are as in the following.

Article: E. Oztekin, W. M. Warmuth, *Molecular Phys.*, 17 (1969), p. 105.

Book: R. A. Serway, S. V. Wyk, R. V. Green, L. H. Cadwell, *Physics for Scientist and Engineers*, ed. R. A. Serway, vol. 1 (S. College Publishing, London, 1992) 65 p.

Translation of the book: R. A. Serway, *Fen ve Mühendislik İçin Fizik*, Çev.edit. K. Çolakoğlu, cilt 1 (Palme, Ankara. 1995) 65.

- The tables and shapes (drawing, diagrams, maps, etc.) should be inserted in the text and should be numbered one another.
- The published periodical numbers will be on Internet for the readers.