#### ACADEMIA DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI

## INSTITUTUL DE INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI NANOTEHNOLOGII "D.GHITU"



# ACADEMY OF SCIENCES OF MOLDOVA

# INSTITUTE OF ELECTRONIC ENGINEERING AND NANOTECHNOLOGIES "D.GHITU"

3/3, Academiei str., MD-2028, Chisinau, Rep. of Moldova, tel: (37322) 737092, fax: (37322) 727088 e-mail: directia@nano.asm.md

str. Academiei 3/3, MD-2028, Chişinău, Republica Moldova, tel: (37322) 737092, fax: (37322) 727088 e-mail: directia@nano.asm.md

_11.10.2013	Nr	01/228
la nr.	din	

Генеральному директору ЕООД «Стройпроект» (Болгария) Господину Х. Крушарски

#### Уважаемый господин Х. Крушарски!

Направляем Вам Акт испытаний пиротехнических льдообразующих составов (ШАД) изделий типа «Loza-2» и гигроскопических составов для вызывания осадков, предоставленных ЕООД «Стройпроект», в соответствии с контрактом №25/12 от 15 декабря 2012 г. между фирмой ЕООД «Стройпроект» (Болгария) и Институтом Электронной Инженерии и Нанотехнологий «Д.Гицу» Академии Наук Молдовы.

Испытания проведены в Лаборатории физики окружающей среды на аэродинамическом стенде, разработанном в институте, по методикам, применяемых для исследований льдообразующих характеристик аэрозолей с помощью облачных камер смешения и разработанной методике для тестирования гигроскопических составов для стимулирования осадков.

Зам. Директор, Доктор A. Precedent

Л.З.Гимпу

Исполнитель: Е.Засавицкий Тел. +373 22 73-71-97

## Институт Электронной Инженерии и Нанотехнологий «Д.Гицу» Академии Наук Молдовы



# ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА ЛЬДООБРАЗУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ ШАД И ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СОСТАВОВ ДЛЯ ВЫЗЫВАНИЯ ОСАДКОВ ИЗДЕЛИЙ ТИПА «ЛОЗА»

Акт испытаний

Кишинев-2013



#### ОБЪЕКТ ИСПЫТАНИЙ

Испытаниям на льдообразующую активность на аэродинамическом стенде были подвергнуты полномерные ШАД и их образцы изделий типа «Loza-2». Также были проведены испытания генераторов гигроскопических частиц для вызывания осадков.

Пиротехнические композиции ШАД были предоставлены фирмой-производителем ЕООД «Стройпроект» (Болгария) в соответствии с контрактом №25/12 от 15 декабря 2012 г. между фирмой ЕООД «Стройпроект» (Болгария) и Институтом Электронной Инженерии и Нанотехнологий «Д.Гицу» Академии Наук Молдовы.

Результаты испытаний являются основой для заключения об эффективности противоградовых ракет типа «Loza-2», используемых в практике активных воздействий на градовые процессы в Республике Молдова. Также можно сделать качественное заключение об эффективности гигроскопических составов для вызывания осадков в области положительных температур  $(+2 \div +10)^0$ C.

# МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Испытания ШАД и их образцов проводились по стандартной методике оценки эффективности льдообразующих пиротехнических составов, применяемых для задач активного воздействия, на аэродинамическом стенде по методике, разработанной в Институте Электронной Инженерии и Нанотехнологий «Д.Гицу» АН  ${\rm M}^1$ . Сжигание испытуемых пиротехнических льдообразующих составов представленных образцов для получения их аэрозоля производилось следующим образом:

- 1. Сжигание полномерного ШАД и формирование испытуемого аэрозоля в горизонтальной аэродинамической трубе (ГАТ) при скорости воздушного потока до 30 м/c.
- 2. Перед введением в облачную камеру смешения пробы аэрозоля выдерживались в аэрозольном кубе при относительной влажности 41-64%. в течение 1,5 минуты.
- 3. В тестовом режиме активация испытуемого аэрозоля в облачной камере проводилась в течение 5-6 минут.

Количественная оценка активных частиц льдообразования аэрозоля ШАД проводилась в облачной камере объемом 1м<sup>3</sup> при температурах переохлажденного модельного тумана в диапазоне температур –3 ··· –12°C.

Испытание генераторов гигроскопических частиц для вызывания осадков проводились по разработанной методике, которая проходит в настоящее время практическую апробацию.

Примечание: Образцы ШАД для испытаний на аэродинамическом стенде были представлены заказчиком в виде головных частей противоградовых ракет типа «Loza-2» (1шт.), реагентных палок (4шт.), генераторов льдообразующих аэрозолей (3шт.) и генераторов гигроскопических частиц для вызывания осадков (2шт.) без указания времени изготовления реагента, его типа, условий хранения и принадлежности к определенной партии противоградовых ракет и имели условную нумерацию.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Zasaviţchi E., Şeptiţchi A., Caraghenov D., Kim N., Garaba I., Potapov E. Stand de laborator pentru testarea compoziţiilor pirotehnice antigrindină // Brevet de Invenţie Nr. 3898MD, CIB A01G 15/00; G01M 9/06; G01M 9/02; G01 N 33/22; F42B 15/10; Solicitant Institutul de Inginerie Electronică şi Tehnologii Industriale al Academiei de Ştiinţe a Moldovei, MD; data depozit. – 2008-04-24; a 2008 0115; data publ. – 2009-05.30, BOPI Nr.5/2009. – P.18.



#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Результаты испытаний представлены в таблицах  $\mathbb{N}_{2}\mathbb{N}_{2}$   $1\div9$  в виде величины выхода активных частиц льдообразования с 1 г испытуемых образцов ШАД в диапазоне температур модельного тумана в облачной камере смешения от минус 3 до минус  $11^{0}$ С и в виде фотографии, представляющих распределение капель, полученных при осаждении модельного тумана, до и после введения гигроскопических частиц, полученных при сжигании гигроскорического состава типа "LOZA" (Рис.1-7)



Таблица 1 Результаты исследования выхода частиц льдообразования изделия «Loza») при сжигании полномерного ШАД в аэродинамической трубе при скорости воздушного потока  $28\,$  м/с и влажности  $(54\div71)\%$ .

Температура проведения эксперимента T, °C	Выход льдообразующих частиц ШАД, N, г <sup>-1</sup>	Интегральный выход льдообразующих частиц ШАД, N	Средний выход льдообразующих частиц ШАД, $N_{ m cp.}$ , $\Gamma^{-1}$	Средний интегральный выход льдообразующих частиц ШАД $N_{ m cp.}$
(No	D 12	20 m		
-10,1	$6,85\times10^{12}$ $7,55\times10^{12}$ $1,34\times10^{13}$ $1,22\times10^{13}$	$ \begin{array}{r} 2,7 \times 10^{15} \\ 3,0 \times 10^{15} \\ 5,4 \times 10^{15} \\ 4,9 \times 10^{15} \end{array} $	1,0×10 <sup>13</sup>	4,0×10 <sup>15</sup>
	(V= (2)	And the second	12D	( و
-9,6	$   \begin{array}{c}     1,21 \times 10^{13} \\     1,10 \times 10^{13} \\     2,16 \times 10^{13} \\     1,96 \times 10^{13}   \end{array} $	$4,8\times10^{15}$ $4,4\times10^{15}$ $8,6\times10^{15}$ $7,8\times10^{15}$	1,6×10 <sup>13</sup>	6,4×10 <sup>15</sup>
(			N= (3)	
-9,4	$   \begin{array}{r}     1,05 \times 10^{13} \\     1,06 \times 10^{13} \\     1,86 \times 10^{13} \\     1,89 \times 10^{13}   \end{array} $	$4,2\times10^{15}$ $4,2\times10^{15}$ $7,4\times10^{15}$ $7,6\times10^{15}$	1,5×10 <sup>13</sup>	6,0×10 <sup>15</sup>
	W.	5.	M. G	
-12,0	$1,07\times10^{13} \\ 1,12\times10^{13}$	4,3×10 <sup>15</sup> 4,5×10 <sup>15</sup>	1,1×10 <sup>13</sup>	4,4×10 <sup>15</sup>
		Swadow sendor en ea	0	N=6
-9,6	$ \begin{array}{r} 2,16 \times 10^{13} \\ 2,25 \times 10^{13} \\ 3,84 \times 10^{13} \\ 4,00 \times 10^{13} \end{array} $	$8,6\times10^{15}$ $9,0\times10^{15}$ $1,5\times10^{16}$ $1,6\times10^{16}$	3,1×10 <sup>13</sup>	1,2×10 <sup>16</sup>

Таблица 2 Результаты исследования выхода частиц льдообразования изделия ШАД №1 (29.07.2013, Болгария) при сжигании в лабораторной камере с диафрагмированием ( $D_{\text{диафр}}$ = 1мм).

Температура проведения эксперимента, T, <sup>0</sup> C	Влажность проведения Эксперимента, %	Выход льдообразующих частиц ШАД, N, г <sup>-1</sup>	Интегральный выход льдообразующих частиц ШАД(5 $r$ ), $N_{\rm cp.}$ , $r^{-1}$
-12,0	No. 1 63	1,05×10 <sup>13</sup>	5,25×10 <sup>13</sup>
-11,0	63.2	1,04×10 <sup>13</sup>	5,20×10 <sup>13</sup>
-10,5	65	1,01×10 <sup>13</sup>	5,05×10 <sup>13</sup>
-10,0	59	$9,94 \times 10^{12}$	4,97×10 <sup>13</sup>
-8,0	58	8,67×10 <sup>12</sup>	4,33×10 <sup>13</sup>
-6,0	60	7,00×10 <sup>12</sup>	3,50×10 <sup>13</sup>
-5,5	57	6,70×10 <sup>12</sup>	3,35×10 <sup>13</sup>
-4,0	60	4,13×10 <sup>12</sup>	2,07×10 <sup>13</sup>

Таблица 3 Результаты исследования выхода частиц льдообразования изделия ШАД №3 (26.07.2013, Болгария) при сжигании в лабораторной камере с диафрагмированием ( $D_{\text{диафp}}$ = 1мм).

Температура проведения эксперимента, T, <sup>0</sup> C	Влажность проведения Эксперимента, %	Выход льдообразующих частиц ШАД, <i>N</i> , г <sup>-1</sup>	Интегральный выход льдообразующих частиц ШАД(5 $r$ ), $N_{\rm cp.}$ , $r^{-1}$
-11,0	61 100 200	1,26×10 <sup>13</sup>	6,30×10 <sup>13</sup>
-10,5	61	1,25×10 <sup>13</sup>	6,25×10 <sup>13</sup>
-10,0	63	$1,17 \times 10^{13}$	5,85×10 <sup>13</sup>
-8,8	59	$1,10 \times 10^{13}$	5,50×10 <sup>13</sup>
-7,8	58	9,64×10 <sup>12</sup>	4,82×10 <sup>13</sup>
-5,0	58	5,07×10 <sup>12</sup>	2,53×10 <sup>13</sup>
-4,2	54	$2,71 \times 10^{12}$	1,35×10 <sup>13</sup>
-3,5	56	1,77×10 <sup>12</sup>	8,87×10 <sup>12</sup>

Таблица 4 Результаты исследования выхода частиц льдообразования изделия ШАД №4 (29.07.2013, Болгария) при сжигании в лабораторной камере с диафрагмированием ( $D_{\text{диафр}}$ = 1мм).

Температура проведения эксперимента, Т, <sup>0</sup> С	Влажность проведения Эксперимента, %	Выход льдообразующих частиц ШАД, <i>N</i> , г <sup>-1</sup>	Интегральный выход льдообразующих частиц ШАД(5 $\Gamma$ ), $N_{\rm cp.}$ , $\Gamma^{-1}$
-11,0	76	1,11×10 <sup>12</sup>	5,53×10 <sup>12</sup>
-8,8	74	6,96×10 <sup>11</sup>	3,48×10 <sup>12</sup>
-7,3	69	6,17×10 <sup>11</sup>	3,08×10 <sup>12</sup>
-5,8	66	3,70×10 <sup>11</sup>	1,85×10 <sup>12</sup>
-4,3	70	1,69×10 <sup>11</sup>	8,47×10 <sup>11</sup>

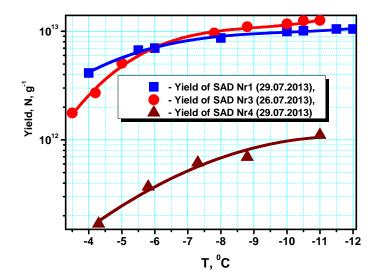


Таблица 5 Результаты исследования выхода частиц льдообразования изделия "Реагентная палка" №1, 125г. (25.07.2013, Болгария) при сжигании в лабораторной камере с диафрагмированием ( $D_{\text{диафр}}$ = 1мм).

(Nº 1)	(20:		
Температура проведения эксперимента, Т, <sup>0</sup> С	Влажность проведения Эксперимента, %	Выход льдообразующих частиц ШАД, <i>N</i> , г <sup>-1</sup>	Интегральный выход льдообразующих частиц ШАД(125 $\Gamma$ ), $N_{\rm cp.}$ , $\Gamma^{-1}$
-14,0	54	6,57×10 <sup>12</sup>	8,21×10 <sup>14</sup>
-12,0	49	6,30×10 <sup>12</sup>	7,88×10 <sup>14</sup>
-9,4	54	5,50×10 <sup>12</sup>	6,87×10 <sup>14</sup>
-8,0	54	4,89×10 <sup>12</sup>	6,12×10 <sup>14</sup>
-7,0	58	4,82×10 <sup>12</sup>	6,03×10 <sup>14</sup>
-4,8	49	1,57×10 <sup>12</sup>	1,96×10 <sup>14</sup>
-4,0	52	1,24×10 <sup>12</sup>	1,55×10 <sup>14</sup>

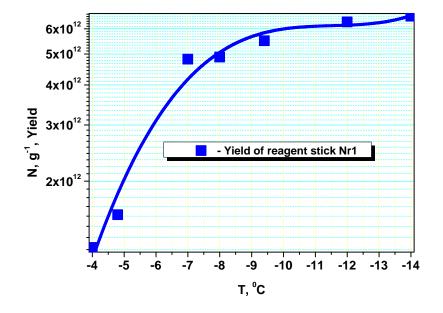


Таблица 6

Временная зависимость выхода льдообразующих частиц образцов пиросостава ШАД реагента Nr.1 (29.07.2013) при сжигании в лабораторной камере с диафрагмированием(  $T=-10^{0}$ C, влажность – 61%).

Время экспозиции в облачной камере, мин	Выход льдообразующих частиц на 1 г состава при сжигании в камере лабораторного сжигания с диафрагмированием, $D_{\text{диафр}} = 1 \text{мм}, N$ $1.58 \times 10^{12}$	Интегральный выход ШАД, N <sub>интегр</sub>	Приведенное значение выхода, N/N <sub>25</sub> N <sub>25</sub> — значение выхода при экспозиции 25мин
0.5	$1.58 \times 10^{12}$	$7.90 \times 10^{12}$	0.17673
1.0	6.55×10 <sup>12</sup>	$3.27 \times 10^{13}$	0.73266
1.5	$8.37 \times 10^{12}$	4.18×10 <sup>13</sup>	0.93624
2.0	$8.89 \times 10^{12}$	$4.45 \times 10^{13}$	0.99441
3.0	$8.88 \times 10^{12}$	$4.44 \times 10^{13}$	0.99329
5.0	$8.89 \times 10^{12}$	$4.45 \times 10^{13}$	0.99441
7.0	$8.92 \times 10^{12}$	4.46×10 <sup>13</sup>	0.99776
10.0	8.92×10 <sup>12</sup>	4.46×10 <sup>13</sup>	0.99726
15.0	$8.94 \times 10^{12}$	$4.47 \times 10^{13}$	1.00000
20.0	8.92×10 <sup>12</sup>	$4.46 \times 10^{13}$	0.99726
25.0	$8.94 \times 10^{12}$	$4.47 \times 10^{13}$	1.00000

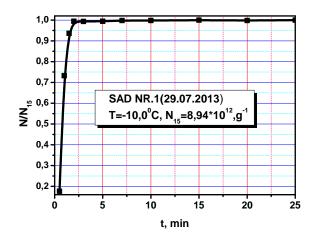
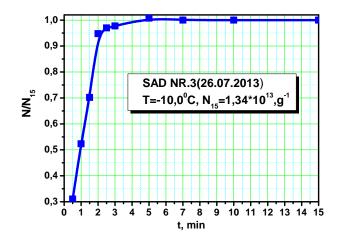


Таблица 7

Временная зависимость выхода льдообразующих частиц образцов пиросостава ШАД реагента Nr.3 (26.07.2013) при сжигании в лабораторной камере с диафрагмированием(  $T=-10^{0}$ C, влажность – 65%).

Время экспозиции в облачной камере, мин	Выход льдообразующих частиц на 1 г состава при сжигании в камере лабораторного сжигания с диафрагмированием, $D_{\text{диафр}}=1$ мм, $N$	Интегральный выход ШАД, N <sub>интегр</sub>	Приведенное значение выхода, N/N <sub>15</sub> N <sub>15</sub> — значение выхода при экспозиции 15мин
0.5	$4.16 \times 10^{12}$	$2.08 \times 10^{13}$	0.31045
1.0	$7.01 \times 10^{12}$	$3.50 \times 10^{13}$	0.52313
1.5	$9.41 \times 10^{12}$	$4.71 \times 10^{13}$	0.70224
2.0	1.27×10 <sup>13</sup>	$6.35 \times 10^{13}$	0.94776
2.5	1.30×10 <sup>13</sup>	$6.50 \times 10^{13}$	0.97015
3.0	$1.31 \times 10^{13}$	$6.55 \times 10^{13}$	0.97761
5.0	$1.35 \times 10^{13}$	$6.77 \times 10^{13}$	1.00746
7.0	$-1.34 \times 10^{13}$	$6.69 \times 10^{13}$	1.00000
10.0	$1.34 \times 10^{13}$	$6.69 \times 10^{13}$	1.00000
15.0	$1.34 \times 10^{13}$	$6.69 \times 10^{13}$	1.00000





Временная зависимость выхода льдообразующих частиц образцов пиросостава ШАД реагентной палки Лоза Nr.1(2013) при сжигании в лабораторной камере с диафрагмированием ( $T=-10^{0}$ C, влажность – 67%).

(N=1) 128 m				
Время экспозиции в облачной камере, мин	Выход льдообразующих частиц на 1 г состава при сжигании в камере лабораторного сжигания с диафрагмированием,	Интегральный выход ШАД, N <sub>интегр</sub>	Приведенное значение выхода, N/N <sub>15</sub> N <sub>15</sub> — значение выхода при	
0.5	$\mathbf{D}_{\text{диафр}} = 1 \mathbf{м} \mathbf{M}, \mathbf{N}$ $2.52 \times 10^{12}$	3.15×10 <sup>14</sup>	экспозиции <b>15</b> мин 0.33600	
1.0	$4.09 \times 10^{12}$	$5.11 \times 10^{14}$	0.54533	
1.5	7.38×10 <sup>12</sup>	9.22×10 <sup>14</sup>	0.98400	
2.0	$7.43 \times 10^{12}$	9.29×10 <sup>14</sup>	0.99067	
2.5	$7.44 \times 10^{12}$	$9.30 \times 10^{14}$	0.99200	
3.0	$7.45 \times 10^{12}$	$9.31 \times 10^{14}$	0.99333	
4.0	$7.48 \times 10^{12}$	$9.35 \times 10^{14}$	0.99733	
7.0	7.50×10 <sup>12</sup>	$9.37 \times 10^{14}$	1.00000	
10.0	$7.49 \times 10^{12}$	9.36×10 <sup>14</sup>	0.99867	
15.0	$7.50 \times 10^{12}$	9.37×10 <sup>14</sup>	1.00000	

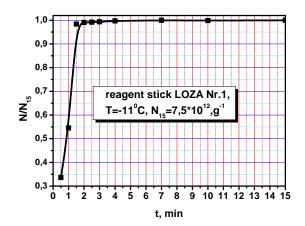


Таблица 9 Временная зависимость выхода льдообразующих частиц образцов пиросостава ШАД головной части ракеты Лоза-2, Nr.6(2013) (  $T=-10,5^0$ C, влажность -46%).

			Nº 6
Время экспозиции в облачной камере, мин	Выход льдообразующих частиц на $1$ г состава при сжигании в камере лабораторного сжигания с диафрагмированием, $D_{\text{диафр}}=1$ мм, $N$	Интегральный выход ШАД, N <sub>интегр</sub>	Приведенное значение выхода, N/N <sub>15</sub> N <sub>15</sub> — значение выхода при экспозиции 15мин
0.5	$5.39 \times 10^{12}$	2.16×10 <sup>15</sup>	0.48559
1.0	6.87×10 <sup>12</sup>	2.75×10 <sup>15</sup>	0.61892
1.5	$1.06 \times 10^{13}$	4.24×10 <sup>15</sup>	0.95495
2.0	$1.09 \times 10^{13}$	$4.36 \times 10^{15}$	0.98198
2.5	$1.10 \times 10^{13}$	4.40×10 <sup>15</sup>	0.99099
3.0	1.10×10 <sup>13</sup>	4.40×10 <sup>15</sup>	0.99099
4.0	1.10×10 <sup>13</sup>	4.40×10 <sup>15</sup>	0.99099
7.0	1.10×10 <sup>13</sup>	4.40×10 <sup>15</sup>	0.99099
10.0	1.11×10 <sup>13</sup>	4.43×10 <sup>15</sup>	1.00000
15.0	1.11×10 <sup>13</sup>	$4.43 \times 10^{15}$	1.00000

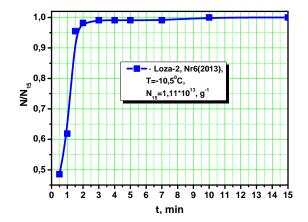
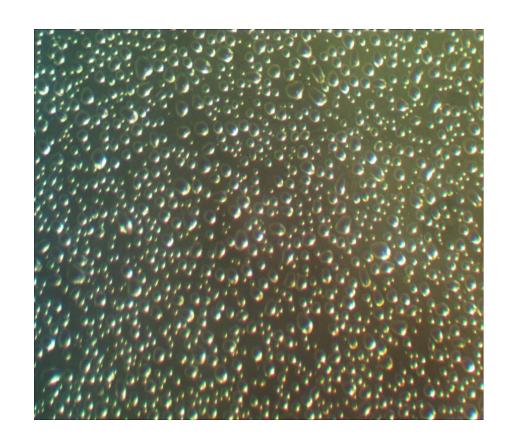




Рис.1 ШАД Nr2(29.07.2013)

Рис.2 ШАД Nr5(25.07.2013)



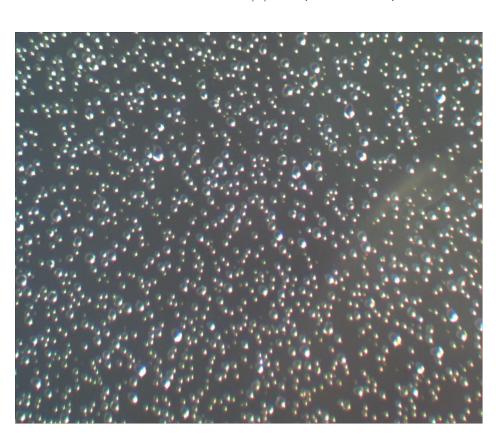
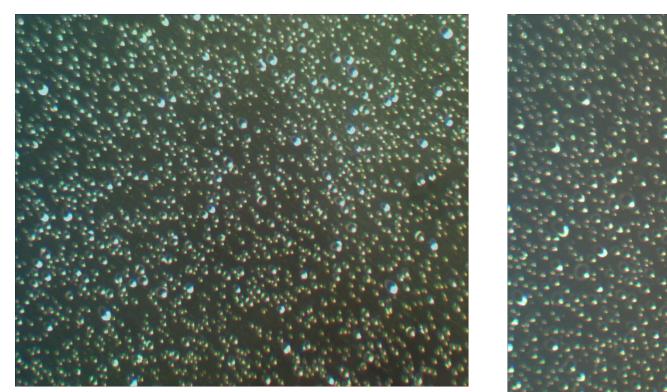


Рис.3 Без реагента

Рис.4 Без реагента



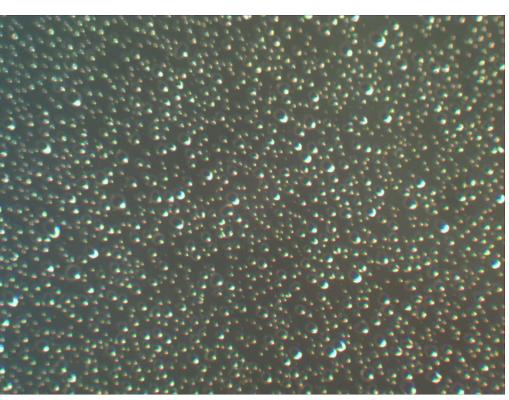


Рис.5 Без реагента







Зав. лаб. физики окружающей среды

Ведущий инженер

Лаборант

Д.И. Карагенов

А.Ю.Шептицкий