

## СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОВОЛЖЬЯ

Ларионов М. В.<sup>1</sup>, Ларионов Н. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Балашовский институт (филиал) Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского, Балашов, Россия; <sup>2</sup>МОУ СОШ п. Красная Кудрявка, Балашов, Россия (412316, г. Балашов, Саратовская область, ул. 167 Стрелковой дивизии, 22 «А», 55), e-mail: lmv001@rambler.ru

В работе отражены результаты мониторинга проб приземного слоя атмосферного воздуха на предмет содержания в нем тяжелых металлов в условиях урбанизированной среды Поволжья. Основными источниками техногенных тяжелых металлов в районе исследований являются промышленные предприятия и автотранспорт. Лабораторные элементные анализы проб производились методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии. В результате проведения мониторинга выявлено превышение ПДК по ряду элементов: в г. Саратове – по свинцу, цинку, марганцу, меди; в г. Сердобске – по свинцу и кобальту; в г. Кузнецке – по свинцу, цинку и кобальту; в г. Камышине – по свинцу и цинку; в г. Волжском – по свинцу, кадмию и меди; в г. Инзе – по цинку; в г. Дмитровграде – по ванадию, свинцу, цинку, меди. Требуется мероприятия по оздоровлению окружающей среды и, в частности, атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух, тяжелые металлы, техногенное загрязнение.

## THE CONTENT OF TECHNOGENIC HEAVY METALS IN THE SURFACE AIR LAYER IN THE URBANIZED AREAS OF THE VOLGA REGION

Larionov M. V.<sup>1</sup>, Larionov N. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balashov Institute (branch) of the Saratov state University n.a. N.G. Chernyshevsky; <sup>2</sup>Public school of the village of Krasnaya Kudryavka, Balashov, Russia (412316, g. Balashov, Saratov region, street 167 Infantry division, 22 «A», 55), e-mail: lmv001@rambler.ru

The work contains the results of the monitoring samples of a ground layer of atmospheric air on the subject of content in the heavy metals in the conditions of the urbanized environment of the Volga region. The main sources of technogenic heavy metals in the study area are industrial enterprises and motor transport. Laboratory elemental analyses of samples produced by flame atomic absorption spectrometry. In cities with a powerful technogenic pressure – Saratov, Kuznetsk, Volzhsky, Dimitrovgrad – ecological state of atmospheric air is characterized as tense. As a result of the monitoring revealed the excess of MPC for a number of elements: in the city Saratov – on lead, zinc, manganese, copper; in the city Serdobsk – on lead and cobalt; in the city Kuznetsk of – the lead, zinc and cobalt; in the city Kamyshin – on lead and zinc; in the city Volga – on lead, cadmium and copper; in the city Inza – for zinc; in the city Dimitrovgrad – vanadium, lead, zinc, copper. Required measures on improvement of the environment and, in particular, the atmospheric air.

Key words: atmospheric air, heavy metals, man-caused pollution.

### Введение

В последние десятилетия экологическая обстановка в регионах Поволжья значительно ухудшилась. В настоящее время в Саратовской, Пензенской, Волгоградской и Ульяновской областях состояние окружающей среды в пределах городов, где проживает более половины населения, характеризуется как кризисное и требующее действенных мер по оздоровлению. Особо выделяется в поволжских городах экологическая проблема загрязнения техногенными тяжелыми металлами атмосферного воздуха [1].

На территории практически любого города распределение поллютантов, антропогенно выделяющихся в атмосферу, имеет свою специфику. Поллютанты, которые вместе с выбросами поступают в атмосферу на большой высоте над земной поверхностью (например,

из высоких труб производственных объектов), распространяются на огромные расстояния воздушными массами. Эти выбросы в основном загрязняют территории, значительно удаленные от города.

Тяжелые металлы, как известно, содержатся в приземном слое атмосферного воздуха: в 1,5–3,5 м над земной поверхностью. Они способны мигрировать и аккумулироваться в депонирующих средах: в почве, водной среде, в биомассе живых организмов.

Содержащиеся в воздухе тяжелые металлы способны интенсивно рассеиваться воздушными массами на большие расстояния, что повышает опасность загрязнения и деградацию пограничных сред: почвенного покрова, водных объектов и живых организмов [3, 4].

Тяжелые металлы в составе техногенных выбросов промышленных предприятий и автотранспорта составляют основную массу твердой фазы и находятся преимущественно в форме оксидов, сульфидов, карбонатов, гидратов и микроскопических капель (шариков) металлов. Удельная масса этих соединений ( $\text{г/см}^3$ ) достаточно высокая: оксидов 5–6, сульфидов 4–4,5, карбонатов 3–4, металлов 7–8 [5].

**Цель исследований**, проведенных в 2009–2011 гг., состояла в анализе среднегодового содержания тяжелых металлов в городах Поволжья – Балашове, Саратове (Саратовская область), Сердобске, Кузнецке (Пензенская область), Камышине, Волжском (Волгоградская область), Инзе, Димитровграде (Ульяновская область) – с разной степенью техногенного прессинга на окружающую среду.

#### **Материалы и методы исследования**

Отбор проб воздуха на высоте 2–2,5 м от земли осуществлялся электроаспиратором ПУ–2Э на передвижных постах (автомобиль с инструментарием) [2–7]. В большинстве городов было заложено по 5 постов, за исключением крупных городов – Саратова и Волжского, в которых располагалось по 10 постов. На участках природных степных разнотравных экосистем (контроль) – в окрестностях с. Березовка и с. Пады Балашовского района Саратовской области – мониторинг проводился на 2 постах. Пробоотбор осуществлялся дискретно на передвижных постах утром (8.00 ч) и вечером (20.00 ч) в течение 3 дней в августе 2009–2011 гг.

Лабораторный анализ проб воздуха на предмет содержания в твердой фазе тяжелых металлов выполнен методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии [6, 7].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Результаты мониторинга атмосферного воздуха в эталонной экосистеме (в контроле) представлены в табл. 1. Здесь ежегодно постоянно идентифицировались четыре техногенных тяжелых металла – Pb, Zn, Mn, Cu, аэротехногенными источниками которых были:

движущийся по проселочным дорогам автотранспорт и деятельность сельскохозяйственных предприятий животноводческой и растениеводческой отраслей.

Таблица 1

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе в контроле  
(2009–2011 гг.)**

<b>Год</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>
<b>2009</b>	0,00004	0,001	0,0003	0,0004
<b>2010</b>	0,0001	0,001	0,001	0,001
<b>2011</b>	0,0002	0,002	0,0007	0,0008
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,0001± 0,000003	0,001± 0,00004	0,0007± 0,00002	0,0007± 0,00001
<b>ПДК</b>	0,0003	0,005	0,001	0,002

В контроле концентрации данных элементов в атмосферном воздухе предельно-допустимых значений не превышали.

В составе атмосферного воздуха г. Балашова (Саратовская область) ежегодно идентифицировались следующие поллютанты: Pb, Zn, Mn, Cu, Fe, Co, Cd. Из них пять (Pb, Zn, Mn, Cu, Fe) оказывали наиболее значимое влияние на качество воздуха (табл. 2). Эти поллютанты содержались в воздухе в количествах (мг/м<sup>3</sup>), превышающих фоновые показатели, но не превышающих соответствующие им гигиенические нормативы (ПДК). Средние арифметические значения концентраций Pb, Zn, Mn и Cu в атмосферном воздухе г. Балашова оказались равными ПДК, что свидетельствует о начинающемся процессе ухудшения качества воздуха и деградации окружающей среды.

Таблица 2

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе  
г. Балашова (2009–2011 гг.)**

<b>Год</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Fe</b>
<b>2009</b>	0,0002	0,002	0,0006	0,0006	0,0002
<b>2010</b>	0,0005	0,007	0,002	0,003	0,0003
<b>2011</b>	0,0002	0,004	0,0008	0,002	0,0003
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,0003± 0,00001	0,004± 0,0001	0,001± 0,00002	0,002± 0,00005	0,00027± 0,00001
<b>ПДК</b>	0,0003	0,005	0,001	0,002	0,04

В атмосферном воздухе г. Саратова выявлено десять тяжелых металлов (Pb, Zn, Mn, Cu, Co, Cd, Fe, Mo, Ni, Hg), из них наиболее значимые следующие шесть элементов: Pb, Zn, Mn, Cu, Co, Cd. Первые четыре металла содержались в приземной атмосфере в количествах, превышающих ПДК в

9,0, 6,2, 3,7 и 2,9 раз соответственно. Данные величины свидетельствуют о весьма нестабильном экологическом состоянии атмосферного воздуха в пределах г. Саратова, что требует срочной реализации неотложных природоохранных мер (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе  
г. Саратова (2009–2011 гг.)**

Год	Pb	Zn	Mn	Cu	Co	Cd
2009	0,0005	0,009	0,001	0,003	–	–
2010	0,0014	0,012	0,007	0,009	0,0002	0,0001
2011	0,0008	0,010	0,003	0,005	0,0002	–
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,0027± 0,0001	0,031± 0,0006	0,0037± 0,00009	0,0057± 0,0002	0,0001± 0,000004	0,0001± 0,000003
<b>ПДК</b>	0,0003	0,005	0,001	0,002	0,0004	0,00003

В г. Сердобске (Пензенская область) зарегистрированы следующие тяжелые металлы – загрязнители приземной атмосферы: V, Pb, Zn, Co, Cu, Cd, Ni, Mo, но наиболее существенное влияние оказывают первые шесть элементов. Из всех поллютантов лишь Pb (1 ПДК) и Co (1,3 ПДК) содержались в воздухе в больших объемах, что характеризует состояние воздуха как экологически нестабильное (табл. 4). При увеличении объемов неочищенных или недостаточно очищенных аэротехногенных выбросов в ближайшие годы уровень загрязнения воздушного бассейна в пределах г. Сердобска будет оцениваться как высокий.

Таблица 4

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе  
г. Сердобска (2009–2011 гг.)**

Год	V	Pb	Zn	Co	Cu	Cd
2009	0,0016	0,001	0,0007	0,0006	–	–
2010	0,0009	0,004	0,001	0,0006	0,0001	0,0001
2011	0,0005	0,003	0,0009	0,0002	0,0001	–
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,001± 0,00004	0,003± 0,0001	0,00087± 0,00004	0,0005± 0,00002	0,00007± 0,000003	0,00003± 0,000001
<b>ПДК</b>	0,002	0,005	0,001	0,0004	0,002	0,0003

В пределах г. Кузнецка (Пензенская область) в связи с высокой загрязненностью воздушного бассейна сложилась напряженная экологическая ситуация. В химическом составе атмосферного воздуха выявлено восемь наименований техногенных тяжелых металлов: Fe, Pb, Zn, Co, Cr, Ni, из которых шесть содержались в воздухе практически постоянно. Концентрации Pb, Zn, Co значительно превышали ПДК в 2,2, 1,2 и 1,5 раз соответственно, что говорит о высоком уровне загрязнения воздуха (табл. 5).

Таблица 5

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе  
г. Кузнецка (2009–2011 гг.)**

Год	Fe	Pb	Zn	Co	Cr	Ni
2009	0,02	0,007	0,004	0,0006	–	–
2010	0,05	0,016	0,009	0,0007	0,0001	0,0005
2011	0,04	0,009	0,005	0,0004	0,0002	0,0003
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,037± 0,001	0,011± 0,0004	0,006± 0,0002	0,0006± 0,00002	0,001± 0,00004	0,0003± 0,000005
<b>ПДК</b>	0,04	0,005	0,005	0,0004	0,0015	0,001

Состав атмосферного воздуха г. Камышина (Волгоградская область) включает следующие поллютанты: Pb, Zn, Cd, Cu, Sb, V, Cd. Периодически выявляется присутствие в воздухе первых пяти элементов из этого перечня. Концентрации остальных металлов составляют либо следовые значения, либо отсутствуют продолжительное время. По Pb и Zn, входящим в состав выхлопных газов автомобилей и выбросов все еще функционирующих промышленных предприятий, ежегодно регистрировались повышенные концентрации, превышающие ПДК в 1,4 и 1,3 раза соответственно для каждого из этих загрязнителей (табл. 6). В соответствии с этим экологическое состояние воздушного бассейна в пределах г. Камышина оценивается как нестабильное.

Таблица 6

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе  
г. Камышина (2009–2011 гг.)**

Год	Pb	Zn	Cd	Cu	Sb
2009	0,006	0,03	0,0001	0,0006	0,0003
2010	0,008	0,06	0,0002	0,002	0,0004
2011	0,007	0,05	0,0001	0,001	–
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,007± 0,0002	0,05± 0,001	0,00013± 0,000005	0,0012± 0,00004	0,0002± 0,000009
<b>ПДК</b>	0,005	0,04	0,0003	0,002	0,02

Основными ингредиентами атмосферного воздуха в границах г. Волжского (Волгоградская область) являются следующие тяжелые металлы: Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Cd, Co, Hg, Cr. Первые четыре элемента являются приоритетными поллютантами, загрязняющими объекты окружающей среды. Экологическая обстановка на территории города оценивается как напряженная, связанная с большими объемами промышленных выбросов и значительно возросших количеств автомобильных выхлопов, содержащих Pb, Cd, и Cu в достаточно высоких концентрациях: 5,4, 2,3 и 2,5 долей ПДК по данным экотоксикантам (табл. 7). Требуется срочные природоохранные мероприятия.

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе  
г. Волжского (2009–2011 гг.)**

Год	Pb	Zn	Cd	Cu	Ni	Cd
2009	0,006	0,06	0,0001	0,001	–	0,0002
2010	0,012	0,14	0,0004	0,003	0,0004	–
2011	0,009	0,11	0,0002	0,001	0,0002	–
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,027± 0,0006	0,31± 0,004	0,0007± 0,00002	0,005± 0,0002	0,0002± 0,000003	0,00007± 0,000003
<b>ПДК</b>	0,005	0,04	0,0003	0,002	0,001	0,0003

Состояние атмосферного воздуха г. Инзы (Ульяновская область) оценивается как повышено загрязненное, поскольку в его составе периодически регистрируются тяжелые металлы: V, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni, Mo. Ежегодно отмечаются высокие концентрации у Pb, Zn и Cr в приземном слое воздуха, причем Zn в среднем содержится в количестве, в 1,2 раза превышающим ПДК (табл. 8). Состояние воздуха оценивается как повышено загрязненное. Экологическая проблема атмосферного воздуха связана с ежегодно возрастающими концентрациями тяжелых металлов, приближающихся к ПДК и превышающих ее.

Таблица 8

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе  
г. Инзы (2009–2011 гг.)**

Год	V	Pb	Zn	Cr	Cd
2009	0,0004	0,005	0,02	0,0014	0,0001
2010	0,0007	0,008	0,06	0,0012	–
2011	0,0006	0,006	0,04	0,0013	–
<b>M±m<sub>M</sub></b>	0,0006± 0,00002	0,006± 0,0001	0,04± 0,0009	0,0013± 0,00006	0,00003± 0,000001
<b>ПДК</b>	0,002	0,005	0,04	0,0015	0,0003

В составе приземного слоя атмосферного воздуха в пределах г. Димитровграда установлено содержание порядка восьми техногенных элементов: V, Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Cd, Hg. Максимальное токсическое действие на окружающую среду оказывают четыре тяжелых металла: V, Pb, Zn и Cu. Их средневзвешенное содержание превышает ПДК в 1,5, 2,0, 1,8 и 2,5 раза соответственно для каждого из этих поллютантов (табл. 9). Состояние воздушного бассейна в пределах г. Димитровграда характеризуется как кризисное, напряженное и требует мер по его улучшению.

Таблица 9

**Содержание техногенных тяжелых металлов в атмосферном воздухе**

### г. Димитровграда (2009–2011 гг.)

Год	V	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni
2009	0,001	0,007	0,05	0,003	0,0002	–
2010	0,004	0,013	0,09	0,008	–	0,0001
2011	0,003	0,011	0,08	0,005	–	0,0004
M±m <sub>M</sub>	0,003± 0,00007	0,01± 0,0004	0,07± 0,003	0,005± 0,0001	0,00007± 0,000002	0,00002± 0,0000008
ПДК	0,002	0,005	0,04	0,002	0,0015	0,001

#### Выводы

Максимально загрязнен атмосферный воздух в городах с мощным техногенным воздействием на окружающую среду промышленностью и автотранспортом: в Саратове (уровень загрязнения воздуха – «очень высокий»), Кузнецке (уровень загрязнения воздуха – «высокий»), Волжском («высокий» уровень загрязнения воздуха), Димитровграде («высокий» уровень загрязнения воздуха).

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году». – М.: АНО «Центр международных проектов», 2010. – 523 с.
2. ГОСТ 17.2.3.01–86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 5 с.
3. Другов Ю. С., Беликов А. Б., Дьякова Г. А., Тульчинский В. М. Методы анализа загрязнений воздуха. – М.: Химия, 1984. – 384 с.
4. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
5. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 375 с.
6. РД 52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – М.: Изд-во Госкомгидромета, 1991. – 237 с.
7. Экологический мониторинг: метод. пособие / В. В. Снакин, М. А. Малярова, Т. Ф. Гурова и др. – М.: РЭФИА, 1996. – 92 с.

#### Рецензенты:

Любимов Валерий Борисович, д.б.н., профессор, зав. кафедрой экологии и рационального природопользования ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского», г. Брянск.

Зайцева Елена Владимировна, д.б.н., профессор, зав. кафедрой зоологии и анатомии ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского», г. Брянск.