

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ЙОШКАР-ОЛА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

Ю.В. Граница<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, доцент

М.В. Мартынова<sup>2</sup>, магистрант

<sup>1</sup>Поволжский государственный технологический университет

<sup>2</sup>Министерство природных ресурсов, экологии и охраны окружающей среды Республики Марий Эл  
(Россия, г. Йошкар-Ола)

***Аннотация.** В атмосферном воздухе современных городов присутствуют сотни органических и неорганических веществ различных химических классов, поступающих из многочисленных источников. Целью исследования является определение уровня загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими токсикантами, веществами наиболее распространенными и токсичными для растений. Получен комплекс данных о состоянии загрязнения атмосферного воздуха в разных функциональных зонах в г. Йошкар-Ола.*

***Ключевые слова:** загрязняющие вещества, токсиканты, поглощательная способность.*

**Введение.** Общеизвестно, что техногенная среда значительно снижает все положительные проявления жизнедеятельности зеленых насаждений городов. Высокая степень влияния негативных факторов, присущих урбанизированным территориям, приводит к ослаблению, преждевременному старению, поражению болезнями и вредителями, а в конечном итоге, и к гибели городских зеленых насаждений.

В районах с высокоразвитой промышленностью, древесные растения выполняют не только художественно-эстетическую, но и санитарно-гигиеническую роль. Для озеленения промышленных центров необходимо применять ассортимент растений с высокой газопоглощательной и регенерационной способностью и устойчивостью к промышленному загрязнению.

Особую актуальность приобретают эти вопросы в условиях промышленного центра Республики Марий Эл г. Йошкар-Ола - города с активно развивающейся промышленностью и постоянно растущим транспортным потоком и количеством жителей.

Основными источниками поступления вредных веществ в атмосферный воздух городов являются промышленные предприятия и автотранспорт, а наиболее распространенными загрязняющими веществами - пыль (взвешенные вещества различной природы), диоксид серы, оксид азота, оксида углерода, углекислый газ [1].

Основными источниками загрязнения являются автотранспорт (50-60%), промышленность (15-20%), производство пара, тепло и электроэнергии (10-15%) и прочие.

В Республике Марий Эл загрязнителями атмосферного воздуха в наибольшей степени в 2016 году являлись предприятия, осуществляющие деятельность в сфере автотранспорта и связи - 17,727 тыс. тонн (48 % от общих выбросов) и предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа и воды - 8,083 (22 %) без учета выбросов от автотранспорта [2].

Основными предприятиями города Йошкар-Олы, оказывающими негативное воздействие на окружающую среду являются: МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1», ОАО «ЗПП», ОАО «Марибиофарм», ОАО «Стройкерамика», ООО «Марикоммунэнерго», АО «ММЗ», АО «Завод Искож», ООО «Газпром газораспределение Йошкар-Ола» и другие [3].

Одним из методов оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха является мониторинг состояния атмосферного воздуха.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферного воздуха на республиканском уровне осуществляются ГУП РМЭ «Территориальный центр «Маргеомониторинг» на стационарных постах наблюдений [2].

Отбор проб атмосферного воздуха в городе Йошкар-Ола для последующего хи-

мического анализа на определение содержания загрязняющих веществ: диоксида азота, оксида азота, оксида углерода, диоксида серы, формальдегида, пыли (взвешенных частиц) года проводится на постах наблюдений:

ПОСТ № 1: Центральный парк, район ДК им. ХХХ - летия Победы;

ПОСТ № 2: Микрорайон «Нагорный», ул. Кирпичная, школа № 24;

ПОСТ № 3: Район завода ОАО «ОКТБ Кристалл», ул. Строителей-ул. Крылова;

ПОСТ № 4 район водозабора города Йошкар-Ола, правый берег реки Кокшага

Степень загрязнения атмосферного воздуха оценивается путем сравнения фактических концентраций с предельно-

допустимыми концентрациями (далее - ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, установленными Минздравсоцразвития России (Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» (с изменениями на 12 января 2015 г.).

Проведена оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха за период 2015-2016 гг.

Среднегодовые концентрации по каждому определяемому веществу не превысили уровень ПДК и соответствовали гигиеническим нормативам в атмосферном воздухе населенных мест (таблица 1).

Таблица 1. Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в г. Йошкар-Ола за 2015 - 2016 гг.

| № п/п            | показатель      | ПДК мг/м <sup>3</sup> | 2015 г. Сср <sub>г</sub> мг/м <sup>3</sup> | 2016 г. Сср <sub>г</sub> мг/м <sup>3</sup> |
|------------------|-----------------|-----------------------|--|--|
| Город Йошкар-Ола |                 |                       |  |  |
| 1                | СО              | 5,0                   | 1,00                                       | 1,27                                       |
| 2                | SO <sub>2</sub> | 0,5                   | 0,0013                                     | 0,0022                                     |
| 3                | NO <sub>2</sub> | 0,2                   | 0,0126                                     | 0,0521                                     |
|                  | NO              | 0,4                   | 0,0082                                     | 0,038                                      |
| 5                | ВВ              | 0,5                   | 0,126                                      | 0,192                                      |
| 6                | НСНО            | 0,05*                 | 0,0042                                     | 0,0076                                     |
| 7                | КИЗА            |                       | 0,67                                       | 1,25                                       |

Примечание: \* - СО – оксид углерода; SO<sub>2</sub> – диоксид серы; NO<sub>2</sub> – диоксид азота; NO - оксид азота; ВВ - взвешенные вещества; НСНО - формальдегид; CH<sub>3</sub>SH - метилмеркаптан; КИЗА - комплексный индекс загрязнения атмосферы

Комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА) - количественная характеристика уровня загрязнения атмосферы, создаваемого веществами, присутствующими в атмосфере города.

В соответствии с существующей градацией, уровень загрязнения атмосферного воздуха считается:

низким при КИЗА < 5;

повышенным при КИЗА от 5 до 6;

высоким при КИЗА от 7 до 13;

очень высоким при КИЗА > 14.

По результатам оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха за период 2015 - 2016 гг. практически по всем показателям, кроме оксида азота в г. Йошкар-

Ола, зафиксировано увеличение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Таким образом, по всем показателям, кроме оксида азота в г. Йошкар-Оле, произошло увеличение средних концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

В г. Йошкар-Оле КИЗА увеличился с 0,67 в 2015 году до 1,25 в 2016 году, что указывает на увеличение уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Оценка уровня загрязнения атмосферы по среднему значению КИЗА в текущем году позволила распределить маршрутные посты наблюдений по степени загрязнения в г. Йошкар-Ола в следующем порядке.

Таблица 2. Уровень загрязнения атмосферы г. Йошкар-Олы по среднему значению КИЗА за 2016 г.

| Наименование маршрутного поста наблюдений                                | КИЗА |
|--|------|
| МП № 3: Район завода ОАО «ОКТБ Кристалл», ул. Строителей -ул. Кры-       | 1,38 |
| МП № 2: Микрорайон «Нагорный», ул. Кирпичная, общеобразовательная        | 1,34 |
| МП № 1: Центральный парк, район ДК им. ХХХ - летия Победы                | 1,27 |
| МП № 4: Район водозабора города Йошкар-Олы, правый берег реки М. Кокшага | 1,03 |

**Результаты.** Оценка уровня загрязнения по среднему значению КИЗА в 2016 году позволила распределить маршрутные посты наблюдений в г. Йошкар-Ола по уровню загрязнения: наибольший - в промышленной зоне вблизи автомагистрали; меньший - в жилой зоне, наименьший – фоновый за городской чертой.

Исследования атмосферного воздуха, проведенные в 2016 году не превышают уровня допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в г. Йошкар-Ола и подтверждают «низкий» КИЗА.

Для определения уровня и состава загрязнителей атмосферного воздуха используют древесные растения, обладающие высокой чувствительностью к воздействию загрязняющих веществ - биоиндикаторы.

Среди растений выделяют: 1 - биоиндикаторы с высокой чувствительностью к поллютантам, 2 - биоиндикаторы-накопители. Первая группа биоиндикаторов позволяет оценивать суммарную техногенную нагрузку на атмосферный воздух и почвы, вторая - загрязнение окружающей среды, в том числе определенным токсикантом.

Растения – индикаторы реагируют не только на отдельные компоненты, но и на весь комплекс воздействующих веществ, который сложно полноценно определить с помощью приборов, что является преимуществом данного метода.

Методы биоиндикации основаны на учете морфологических изменений высших растений. Биоиндикационными признаками повреждения деревьев являются: изменение окраски листьев и хвои (хлороз, пожелтение краев или участков листьев, покраснение и др.); некрозы; опадение ли-

сты (дефолиация), изменение размеров органов по большей части неспецифично; изменение направления, формы роста и ветвления (образование стелющихся побегов и ветвления, кустовая и подушечная форма роста деревьев при устойчивом сильном загрязнении атмосферы сернистым газом (липы), изреживании кроны у поврежденных газовыми выбросами хвойных пород; изменение интенсивности образования генеративных органов (шишек у ели, плодовых тел у лишайников и грибов в загрязненной выбросами атмосфере) [5].

Наиболее чувствительными растениями – индикаторами загрязнения атмосферного воздуха соединениями серы являются различные виды лишайников, мхов и другие виды растительности, в частности стандартные травяные культуры, хвоя сосны и ели, кора сосны из нижних частей стволов и листья березы бородавчатой [6].

Лишайники – низшие растения являются биоиндикаторами-накопителями. Они очень нетребовательны к факторам внешней среды, они поселяются на голых скалах, бедной почве, стволах деревьев, мертвой древесине. Особенно они чувствительны к сернистому газу. Малейшее загрязнение атмосферы, не влияющее на большинство растений, вызывает массовую гибель чувствительных видов лишайников.

Сернистый газ является одним из наиболее распространенных токсикантов атмосферного воздуха, кроме того, это соединение наиболее токсично для растений. [7]. Наиболее важными серосодержащими компонентами загрязненной атмосферы являются двуокись серы  $SO_2$  и сероводород ( $H_2S$ ). Допустимая максимально разовая концентрация  $SO_2$  для растений равна  $0,02 \text{ мг/м}^3$  (для человека ПДК= $0,5 \text{ мг/м}^3$ ). При

концентрации сернистого газа 0,03-0,5 мг/м<sup>3</sup> у растений уже наблюдается подавление фотосинтеза, свыше 0,5 мг/м<sup>3</sup> может вызвать изменение в органах ассимиляции и некрозные изменения [8]. Сернистый газ проникает через устьица растений внутрь листьев, скорость его поглощения зависит от характеристики листьев, скорости ветра, температуры, освещенности, влажности воздуха, рельефа, макро- и микро-элементов в почве. Воздействие кислых газов (сероводорода) приводит к суховеершинности древесных растений. В природе кислые газы чрезвычайно распространены, а поскольку они тяжелее воздуха, то относятся к токсичным и удушающим газам при перенасыщении. Токсичные газы, нарушая рост и развитие растений, снижают их устойчивость к морозам, засухе, засолению почв и болезням [9].

Растения обладают способностью накапливать загрязняющие вещества - поглощательной способностью. Эта способность используется как биологический (дополнительный) способ снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха. Основными способами снижения уровня загрязнения являются технологический метод (фильтры, уловители).

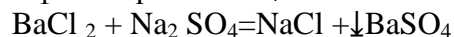
Одним из наиболее распространенных методов оценки степени повреждения растений и для исследования характера загрязнения атмосферного воздуха является химико-аналитический метод исследования.

Сернистый газ повышает кислотность клеточного сока растений, что приводит к последующим физиологическим нарушениям.

О газопоглощательной способности растений судят по количеству накопленной листьями серы [7,9]. Химико-аналитический метод исследования заключается в анализе

листового аппарата для определения степени поглощения токсических веществ и химических изменений растительных субстанций. [8].

Метод основан на способности сульфат-ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> образовывать с ионом Ba<sup>2+</sup> нерастворимый в кислотах белый осадок сульфата бария BaSO<sub>4</sub>:



С целью определения степени накопления токсических веществ (серы) в листовом аппарате растений в октябре 2017 года был проведен сбор полевого материала с разных частей кроны растений в конце вегетационного периода исследуемых объектов: липа мелколистная (*Tilia cordata*), рябина обыкновенная – (*Sorbus aucuparia* L.), ель колючая (*Picea (pungens)* голубая, яблоня ягодная — (*Malus baccata* (L.) Borkh), расположенных в промышленных и селитебных зонах г. Йошкар-Ола. Исследуемые объекты (деревья) расположены вблизи постов наблюдений, где проводится отбор проб атмосферного воздуха в рамках мониторинга состояния атмосферного воздуха.

**Результаты.** По результатам проведенных исследований установлено наименьшее содержание серы в образцах листьев и хвое на контрольном объекте в Ботаническом саду (рис. 1), более высокое содержание серы в образцах листьев и хвое на объекте ПОСТ № 1: Центральный парк, район ДК им. XXX - летия Победы (рис. 2), далее увеличение серы в образцах листьев и хвое ПОСТ № 2: Микрорайон «Нагорный», ул. Кирпичная, школа № 24 (селитебная зона) (рис. 3) и наибольшее содержание серы в листьях установлено ПОСТ № 3: в районе завода ОАО «ОКТЬ Кристалл», ул. Строителей-ул. Крылова (промышленная зона) (рис. 4).

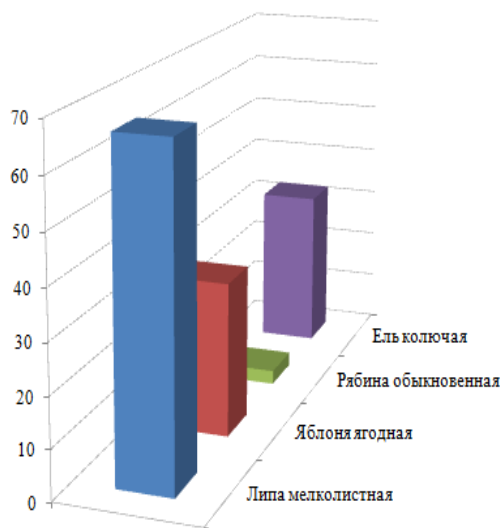


Рис 1. Ботанический сад,  
ул. Мира (контроль)

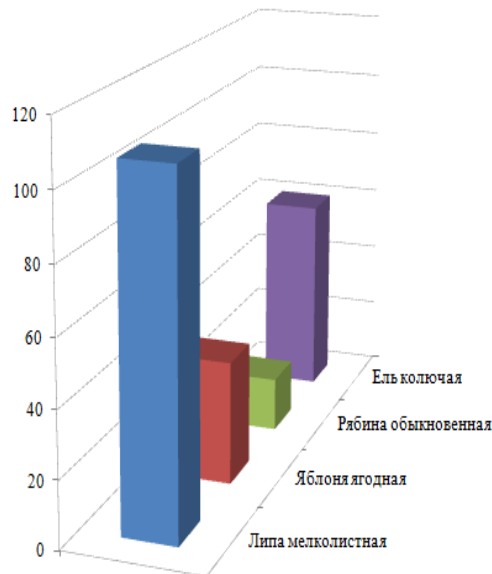


Рис 2. Микрорайон «Нагорный»,  
ул. Кирпичная, школа № 24  
(селитебная зона)

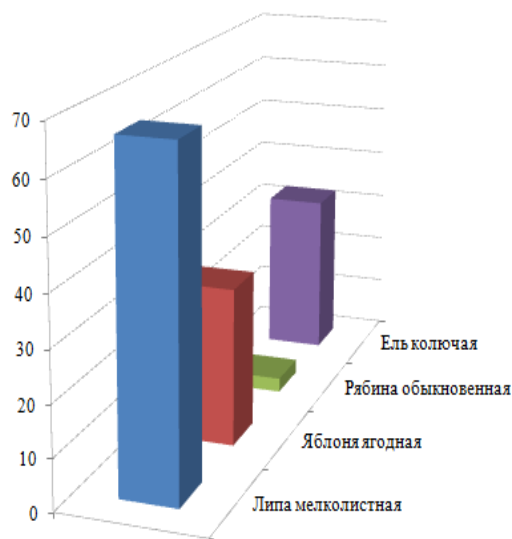


Рис 3. Центральный парк,  
район ДК им. XXX - летия Победы  
(селитебная зона)

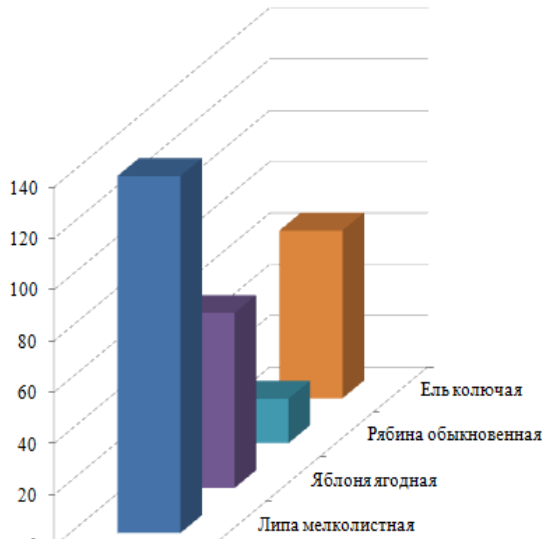


Рис 4. Район завода ОАО «ОКТБ Кристалл»,  
ул. Строителей-ул. Крылова (промзона)

**Выводы.** Использование данного метода подтверждает данные мониторинга состояния атмосферного воздуха на указанных выше Постах и позволяет определить древесные породы – индикаторы загрязнения атмосферного воздуха серосодержащими токсикантами в разных функциональных зонах г. Йошкар-Ола [10]. Из исследуемых древесных пород наибольшей поглотительной способностью обладает липа мелколистная (*Tilia cordata*), что позволяет рекомендовать данный вид для ак-

тивного использования в качестве дополнительного способами снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Йошкар-Ола.

Мнение о том, что растения города – лишь декоративный фон городской архитектуры и зеленое строительство носит затратный характер, опровергается при экологической оценке роли зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды и поддержании здоровья населения.

### Библиографический список

1. *Экология, охрана природы, экологическая безопасность* / под. Общ. Ред. А.Т. Никитина, С.А. Степанова.-М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.-648 с.
2. *Доклад об экологической ситуации в Республике Марий Эл за 2016 год.* Ижевск:/ ООО «Принт-2», 2016.-180 с.
3. *Проведение мониторинга* состояния атмосферного воздуха на территории городского округа «Город Йошкар-Ола» / Информационный отчет, - 2016 год. Режим доступа: [http://i-ola.ru/city/ecologia/2016\\_monitor\\_air\\_yola.pdf](http://i-ola.ru/city/ecologia/2016_monitor_air_yola.pdf)
4. *Историческая справка* и общая информация о городе Волжск / Официальный сайт городского округа город Волжск. Режим доступа : <http://voljsk.gov12.ru/About.htm>.
5. *Мониторинг лесных экосистем: учебное пособие:* СПб.: СПбГЛТА, 2003.-116 с.
6. *Негативное влияние техногенного атмосферного загрязнения на сосновые насаждения и пути его снижения* / Н.Н.Коровин, В.В. Степанчик, Л.В. Холодилова-Брянск, БГИТА, 2003.-143 с.
7. *Сергейчик С.А.* Растения и экология / С.А. Сергейчик. – Минск: Ураджай, 1997 – 224 с.
8. *Экология: лабораторный практикум* / Р.Р.Иванова, И.Н. Митякова, В.Ю. Осипова; под.ред. Р.Р. Ивановой. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006.-108 с.
9. *Мониторинг состояния лесных и городских экосистем: Монография* / под ред. В.С. Шалаева, Е.Г. Мозолева.-М.: МГУЛ, 2004.-235 с.
10. *Озеленение населенных мест с основами градостроительства: учебник для студ. Учреждений сред. Проф. Образования* / В.С. Теодоронский, В.И. Горбатова, В.И. Горбатов.- 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013.-128 с.

### METHODS OF ESTIMATION OF THE URVENE OF POLLUTION OF ATMOSPHERIC AIR BY THE EXAMPLE OF THE YOSHKAR-OL CITY OF THE REPUBLIC OF MARI EL

**Yu.V. Granicha**<sup>1</sup>, *candidate of agricultural sciences, associate professor*

**M.V. Martynova**<sup>2</sup>, *graduate student*

<sup>1</sup>**Povolzhsky state technological university**

<sup>2</sup>**Ministry of natural resources, ecology and environmental protection of the Republic of Mari El**

**(Russia, Yoshkar-Ola)**

**Abstract.** *In the atmospheric air of modern cities there are hundreds of organic and inorganic substances of various chemical classes coming from numerous sources. The aim of the study is to determine the level of atmospheric air pollution with sulfur-containing toxicants, the most common and toxic substances for plants. A complex of data on the state of atmospheric air pollution in different functional zones in the town of Yoshkar-Ola has been obtained.*

**Keywords:** *pollutants, toxicants, absorptive capacity.*