

Малышева А.Г., Козлова Н.Ю., Юдин С.М.

## НЕУЧТЁННАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 119121, Москва

**Введение.** Для решения природоохранных задач в современных экономических условиях особое значение приобретает использование достижений научно-технического прогресса. Это в первую очередь касается создания, оптимизации и совершенствования экологически безвредных технологий очистки и обезвреживания промышленных выбросов, новых технологий очистки и обеззараживания питьевой воды, разработки и внедрения средоулучшающих фитотехнологий и множества других природоохранных и оздоровительных мероприятий. Существующая к настоящему времени система эколого-аналитического мониторинга состояния объектов окружающей среды, подвергающихся воздействию различных технологий для её оздоровления, основанных на использовании воздействия физико-химических или биологических факторов, требует контроля химической безопасности с учётом возможности образования побочных продуктов трансформации в отношении безвредности их применения для здоровья населения.

**Материал и методы.** Исследования выполнены с использованием хромато-масс-спектрометрической системы, включающей газовый хроматограф с полным электронным контролем газовых потоков и режимом цифрового контроля давления и потоков с автоматическим определением параметров колонки, масс-спектрометрический детектор с квадрупольным масс-анализатором, обеспечивающий измерения в диапазоне массовых чисел от 1 до 1050, и термодесорбер с криофокусированием газовой пробы.

**Результаты.** На примерах оценки эффективности и химической безопасности применения новых природоохранных технологий очистки выбросов ряда предприятий и мероприятий по оздоровлению воздушной среды закрытых помещений показано, что их применение, с одной стороны, направлено на решение непосредственно их целевого назначения, то есть установлено существенное снижение качественно-количественного состава загрязняющих веществ в производственных выбросах, включая такой важный компонент, с точки зрения экологических аспектов, как уничтожение запаха, а с другой, — одновременно установлен негативный побочный эффект, связанный с образованием токсичных и опасных продуктов трансформации даже для веществ природного происхождения, значительная часть которых не имеет гигиенических нормативов, а следовательно их влияние на здоровье населения остаётся неучтённым.

**Обсуждение.** Побочное влияние нередко проявлялось изменением в сторону ухудшения химического состава объекта окружающей среды, подвергающегося физико-химическому воздействию в результате использования технологии. Для адекватной оценки качества окружающей среды и химической безопасности здоровью населения важным условием является учёт многокомпонентности состава химических загрязнений и учёт продуктов трансформации веществ, воздействующих на человека в реальных условиях загрязнения окружающей среды.

**Заключение.** Исследования, ориентированные на идентификацию с количественной оценкой компонентов выбросов до и после применения природоохранной технологии или средоулучшающего и оздоровительного мероприятия, позволяют проводить мониторинг качества и безопасности объектов окружающей среды с учётом реального содержания и изменения группового и компонентного состава под влиянием химического воздействия технологии и давать рекомендации по дальнейшему совершенствованию технологии с точки зрения экологических аспектов, что, в свою очередь, будет способствовать сохранению здоровья населения.

**Ключевые слова:** хромато-масс-спектрометрические исследования; объекты окружающей среды; природоохранные технологии; производственные выбросы; компонентный состав выбросов; эффективность очистных установок; химическая безопасность; продукты трансформации.

**Для цитирования:** Малышева А.Г., Козлова Н.Ю., Юдин С.М. Неучтённая химическая опасность процессов трансформации веществ в окружающей среде при оценке эффективности применения технологий. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(6): 490-497. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-490-497>

**Для корреспонденции:** Малышева Алла Георгиевна, доктор биол. наук, проф., рук. лаб. физико-химических исследований ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Минздрава РФ. E-mail: [fizhim@yandex.ru](mailto:fizhim@yandex.ru)

Malysheva A.G., Kozlova N.Yu., Yudin S.M.

### THE UNACCOUNTED HAZARD OF PROCESSES OF SUBSTANCES TRANSFORMATION IN THE ENVIRONMENT IN THE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION OF TECHNOLOGIES

Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119121, Russian Federation

**Introduction.** To solve environmental problems in the current economic conditions, the use of achievements in scientific and technological progress acquires the special significance. This primarily concerns the creation, optimization, and improvement of environmentally friendly technologies for purification and neutralization of industrial emissions, new technologies for purification and disinfection of drinking water, development and implementation of environment-improving phytotechnologies and many other environmental and health-improving measures. The present system of environmental and analytical monitoring of the state of environmental objects exposed to various technologies for its

recovery, based on the use of physical and chemical or biological factors, requires the control of chemical safety, taking into account the possibility of formation of by-products of transformation with respect to their harmlessness for use.

**Material and methods.** The studies were performed using a chromatography-mass spectrometric system including a gas chromatograph with full electronic control of gas flows and a digital pressure and flow control mode with automatic determination of column parameters, mass spectrometric detector with a quadrupole mass analyzer that provides measurements in the range of mass numbers from 1 to 1050, and a thermal desorber with a gas sample cryo-focusing.

**Results.** Examples of assessing the effectiveness and chemical safety of the application of new environmental protection technologies for cleaning air emissions from a number of enterprises and measures for improving the air environment of enclosed spaces show that their application, on the one hand, is aimed at directly addressing their specific purpose, that is, a significant reduction in the qualitative and quantitative composition of pollutants in production emissions has been established, including an important component in terms of environmental aspects, such as the smell and on the other hand – a negative side effect associated with the formation of toxic and dangerous products of transformation is simultaneously established, even for substances of natural origin, a significant part of which does not have hygienic standards, and consequently their impact on public health remains unaccounted.

**Discussion.** The side effect was often manifested by a change in the direction of deterioration in the chemical composition of the environment object that is physically and chemically affected by the use of the new technology. For an adequate assessment of the quality of the environment and chemical safety of public health, an important condition is to take into account the multicomponent nature of the composition of chemical contaminants and to take into account the transformation products of substances affecting humans under real environmental conditions.

**Conclusion.** Studies focused on identification with a quantitative assessment of air emission components before and after the application of a new environmental technology or a better environmental and health improvement measure allow to monitor environmental objects taking into account the actual content and changes in the group and component composition under the influence of the chemical impact of new technology and to make recommendations for further improvement of the new technology from the point of view of environmental aspects, which, in turn, is aimed at preserving the health of the population.

**Key words:** gas chromatography-mass spectrometry study; environmental objects; environmental secure technologies; industrial emissions, the composition of emissions, the efficiency of treatment plants chemical safety, a side effect of the transformation products.

**For citation:** Malysheva A.G., Kozlova N.Yu., Yudin S.M. The unaccounted hazard of processes of substances transformation in the environment in the assessment of the effectiveness of the application of technologies. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(6): 490-497. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-6-490-497>

**For correspondence:** Alla G. Malysheva, MD, Ph.D., DSci., professor, head of the Laboratory of Physical-Chemical investigations of the Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: [fizhim@yandex.ru](mailto:fizhim@yandex.ru)

*Conflict of interest.* The authors declare no conflict of interest.

*Acknowledgment.* The study had no sponsorship.

Received: 04 April 2018

Accepted: 24 April 2018

## Введение

Улучшение качества окружающей среды и создание комфортных условий для жизнедеятельности человека экологически безопасными методами – одно из современных актуальных направлений в экологии окружающей среды. Для решения природоохранных задач в современных экономических условиях особое значение приобретает использование достижений научно-технического прогресса. Это, в первую очередь, касается создания, оптимизации и совершенствования экологически безвредных технологий очистки и обезвреживания промышленных выбросов, новых технологий очистки и обеззараживания питьевой воды, разработки и внедрения средоулучшающих фитотехнологий и множества других природоохранных и оздоровительных мероприятий [1–7]. Однако научно-технический прогресс наряду с положительным эффектом имеет свои минусы. «Прогресс – это замена одних неприятностей на другие, ещё большие» (Герберт Уэллс). Так, научно-технический прогресс имеет два обратимых процесса: с одной стороны, он направлен на решение целевого назначения и одновременно нередко сопровождается негативным побочным эффектом. Поэтому исследования по оценке эффективности и химической безопасности технологий по очистке выбросов производств, обеззараживанию и обработке питьевой воды или решение других оздоровительных мероприятий, ориентированных на изучение и выбор соотношений: «целевое назначение – побочный эффект», «польза – риск здоровью населения», «эффективность – безопасность для здоровья населения» и определение оптимальных условий их реализации, представляются крайне актуальными. Отметим также, что существующая к настоящему времени система эколого-аналитического мониторинга состояния объектов окружающей среды, подвергающихся воздействию различных технологий для её оздоровления и основанных на использовании воздействия физико-химических

или биологических факторов, наряду с оценкой эффективности требует контроля химической безопасности с учётом возможности образования побочных продуктов трансформации с целью их безвредного применения для здоровья населения [8].

Целью работы являлись хромато-масс-спектрометрические исследования состава выбросов в атмосферный воздух различных производств и воздушной среды помещений, подвергающихся воздействию физико-химических или биологических факторов, для оценки эффективности и химической безопасности влияния технологий на окружающую среду.

## Материал и методы

Объектами исследования являлись атмосферный воздух, производственные выбросы, подвергающиеся воздействию различных физико-химических или биологических факторов, воздушная среда помещений, сточные воды.

Исследования выполнены с использованием хромато-масс-спектрометрической системы THERMO FISHER SCIENTIFIC, включающей газовый хроматограф FOCUS GC с полным электронным контролем газовых потоков и режимом цифрового контроля давления и потоков с автоматическим определением параметров колонки, масс-спектрометрический детектор DSQ II с квадрупольным масс-анализатором, обеспечивающий измерение в диапазоне массовых чисел от 1 до 1050, термодесорбер 9300 ACEM с криофокусированием газовой пробы. Система имеет программное обеспечение, контролирующее работу всего прибора, обеспечивающее сбор, хранение всех масс-спектров в процессе проведения хромато-масс-спектрометрического анализа, обработку результатов измерений, количественный анализ, поиск и сравнение с библиотекой масс-спектров NIST 08, включающей более 220 тысяч спектров для более 190 тысяч соединений с их химическими структурами.

**Приоритетные для контроля загрязняющие вещества, поступающие в окружающую среду с выбросами и сбросами предприятий и других объектов**

Промышленность, объекты	Приоритетное вещество
<i>Выбросы:</i>	
Нефтеперерабатывающая, нефтехимическая, органический синтез	Бензол, толуол, м-, п-ксилолы, 1,3,5-триметилбензол, 1,2,4-триметилбензол, нафталин, метилнафталины, бутанол, фенол, бензальдегид, ацетофенон, октан
Химическая, производство:	
кровельных материалов	Гексан и изомеры, бензол, толуол, о-ксилол, триметилбензолы, стирол, нафталин, метилнафталины, тетрагидротетраметилнафталин, бифенил, изопропанол, бутанол, фенол, бензальдегид, ацетофенон
жирозаменителей и синтетических моющих средств	Предельные углеводороды и их производные, карбонильные соединения, альдегиды и кетоны, эфиры, карбоновые кислоты
синтетического каучука	Исходные мономеры и растворители
Деревообрабатывающая, производство:	
мебели на основе ДСП	$\alpha$ -пинен, $\beta$ -пинен, лимонен, $\beta$ -оцимен, этанол, гексаналь, нонаналь, бензальдегид, ацетон, ацетофенон, $\alpha$ -терпинеол
Пищевая, производство:	
кормов для домашних животных	Этанол, изопропанол, ионол, 4,6-дитретбутилметакрезол, ацетон, диметилсульфид, пропанол, бутаналь, метилметакрилат, диметилдисульфид, толуол, бутилдигликоль, фенол
жевательной резинки	Этилбутират, изоамилацетат, лимонен, $\alpha$ -пинен, $\beta$ -пинен, п-цимол, цинеол, этилгексаноат, гексиллацетат, $\beta$ -мирцен, $\beta$ -оцимен, $\beta$ -фелландрен, 3-карен, линалоол, ментон, ментол, цитраль, ментилацетат, триацетат глицерина, кариофиллен, этанол, ацетонэтилбутират, бутилацетат
ароматизаторов	$\alpha$ -пинен, лимонен, ментол, пропиленгликоль, линалоол, бензальдегид, ванилин, ментон, этилбутират, изоамилацетат, триацетат глицерина
кондитерских изделий	Лимонен, толуол, метилдекалины, диметилдекагидро- и этилдекагидронафталины
Лесотехническая	Простые и сложные альдегиды, кетоны, спирты, карбоновые кислоты C1-C6, терпены
Целлюлозно-бумажная	Метил-, диметилсульфиды, формальдегид, алифатические и ароматические спирты
Парфюмерная	Этанол, дигидро- $\alpha$ -терпинеол, тетрагидролиналоол, этилацетат
<i>Сбросы:</i>	
Свалка твёрдых бытовых отходов	Ацетон, 2-бутанол, нонаналь, сероуглерод, диметил-, диметилди-, метилэтил-, метилпропил-, диметилтри-сульфиды
Станция переливания крови	Бензол, толуол, метилэтилбензолы, этанол, изопропанол, 2-этилгексанол, 4,5-диметил-1,3-диоксан-4-метанол, бутоксиэтоксизтанол, гексаналь, нонаналь, бензальдегид, ацетон, циклогексанон, ацетофенон, азотсодержащие соединения

**Результаты**

Объекты окружающей среды отличаются многокомпонентным составом химических загрязнений [8–12]. Однако к настоящему времени весь эколого-аналитический мониторинг состояния среды основан на учёте малого количества веществ, выбранных без учёта реального содержания загрязняющих веществ и происходящих с ними процессов трансформации [13–16].

Исследования объектов окружающей среды в различных регионах показали, что пробы воздуха, воды, почвы часто содержат неучтённые в технологических выбросах вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК). Если при контроле ориентироваться только на исходные вещества, заявленные в выбросах, то при отсутствии их в жилой зоне или обнаружении в незначительных концентрациях можно сделать ошибочный вывод о ситуации экологического благополучия, так как не учитывается тот факт, что при трансформации можно получить «новый букет» загрязнений, среди которых возможно присутствие веществ более токсичных или опасных, чем исходные.

В табл. 1 приведены перечни приоритетных (по критериям: частота обнаружения, уровни концентраций, специфичность для данного источника загрязнения, групповая принадлежность, способность к трансформации, возможность образования более токсичных продуктов трансформации) загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду с выбросами ряда произ-

водств. Курсивом отмечены вещества, не входящие в перечни контролируемых предприятиями веществ и тома ПДВ.

Некоторые из этих соединений (см. табл. 1) проявляют канцерогенное действие на человека, но они не учитываются при контроле, и их влияние на человека остаётся неконтролируемым. Подчеркнем, что действующая в настоящее время система эколого-аналитического контроля качества и безопасности окружающей среды нередко включает анализ, с экологической точки зрения, менее значимых соединений, выбранных без учёта процессов трансформации веществ. При этом действие на организм человека широкого спектра продуктов трансформации проходит бесконтрольно.

Отметим также, что применение природоохранных технологий может сопровождаться негативным побочным эффектом, связанным с образованием продуктов трансформации. В том числе побочный эффект может изменяться в сторону ухудшения химического состава воздуха или водного объекта, подвергающегося в результате использования этой технологии физико-химическому воздействию (сжигание, нагревание, хлорирование, озонирование, УФ-облучение, ароматизация, ионизация, фитоонолизация, биофильтрация и др.).

Приведём примеры недоучёта процессов трансформации веществ при оценке эффективности технологий для очистки выбросов в окружающую среду различных производств и мероприятий по оздоровлению воздушной среды закрытых помещений.

Известно, что одним из основных источников загрязнения окружающей среды является человеческая деятельность, кото-

**Изменение группового состава свалочного газа при работе установки по очистке выбросов на полигоне твёрдых коммунальных отходов «Кучино» (Московская обл.)**

Групповой состав	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	
	Свалочный газ (вход в систему очистки)	Газ в выбросе (выход из системы очистки)
Углеводороды:	3,350	0,546
предельные	0,762	0,298
непредельные	0,544	0,102
циклические	0,450	0,088
неароматические (нафтеновые)		
терпеновые	0,004	0,002
ароматические	1,590	0,046
Кислородсодержащие соединения:	0,846	0,364
спирты	0,150	0,112
альдегиды	0,160	0,104
кетоны	0,188	0,084
карбоновые кислоты	0,178	0,028
простые эфиры	0,032	0,024
сложные эфиры	0,026	–
фураны	0,112	0,012
Серосодержащие соединения	0,196	0,044
Хлорсодержащие соединения	0,024	0,020
Азотсодержащие соединения	0,034	–
Всего соединений	57	57
Суммарная концентрация загрязняющих соединений	4,450	0,984

рая создаёт огромный объём отходов. Все, что производится и потребляется человеком, в конечном итоге становится отходом [17–22]. Полигоны и свалки твёрдых бытовых отходов (ТБО), от которых задыхаются жители близлежащих территорий и населённых пунктов, несмотря на повышенное к ним в последнее время внимание с точки зрения необходимости решения связанных с ними экологических проблем, продолжают оказывать негативное воздействие на окружающую среду и население. Для решения экологических проблем, связанных с эксплуатацией и закрытием полигонов, предлагаются различные варианты оздоровительных мероприятий. Ранее нами [23] на примере полигона ТБО «Тимохово» (Московская обл.) исследованы эффективность и химическая безопасность применения технологии очистки и обезвреживания свалочного газа факельным сжиганием. Несмотря на установленное снижение суммарной концентрации загрязняющих соединений, более чем 2-кратное уменьшение количества загрязняющих веществ и практически полную очистку от обладающих запахом веществ, идентифицированы продукты трансформации, образовавшиеся при факельном сжигании углеводородов. Идентифицированы серо- и хлорсодержащие соединения, стирол, 1-бутанол, фенол, альдегиды (гексаналь, нонаналь, безальдегид, бензацетальдегид), ацетофенон и кар-боновые кислоты (укусная, пропионовая, бутановая, гексановая, октановая, бензойная), фталевый ангидрид, диизобутилфталат, диоксан, 4-метил-2,3-дигидропиран и азотсодержащие соединения (ацетонитрил и оксим бензальдегида). Идентификация с количественной оценкой компонентов выбросов до и после очистных сооружений позволили провести контроль загрязнений с учётом реального содержания и изменения группового и компонентного состава выбросов под влиянием химического воздействия технологии очистки и дать рекомендации по дальнейшему совершенствованию этой установки с точки зрения экологических аспектов.

В качестве ещё одного примера недооценки многокомпонентности состава химического загрязнения среды и недоучёта процессов трансформации веществ можно проиллюстрировать результаты химико-аналитических исследований технологии очистки и обезвреживания сжиганием свалочного газа, образующегося на полигоне твердых коммунальных отходов «Кучино» (табл. 2).

Установлено, что в составе свалочного газа идентифицировано около 60 органических соединений, принадлежащих к различным группам органических веществ: углеводородам (предельным, непредельным, циклическим, ароматическим, терпеновым), кислородсодержащим соединениям (спиртам, альдегидам, кетонам, карбоновым кислотам, простым и сложным эфирам), а также серо-, хлор- и азотсодержащим соединениям с суммарным содержанием 4,45 мг/м<sup>3</sup>. Основная часть в составе свалочного газа принадлежала углеводородам (75%) и кислородсодержащим соединениям (19%). Серосодержащие соединения составили 0,9%, азотсодержащие – 0,8%, хлорсодержащие – 0,5%. Углеводородный состав представлен предельными (17,1%), непредельными (12,2%), нафтеновыми (10,1%), ароматическими углеводородами (35,7%). Кислородсодержащие соединения представлены в основном кетонами (4,2%) и карбоновыми кислотами (в основном уксусной кислотой) (4%). Серосодержащие соединения представлены дисульфидами и диоксидом серы. Идентифицированы хлорсодержащие и азотсодержащие соединения, вклад которых в суммарное содержание идентифицированных веществ составил 0,8%. На входе в систему утилизации идентифицирован придающий запах газам диоксид серы – SO<sub>2</sub>, вклад которого в суммарное содержание веществ составил 3,6%. Хромато-масс-спектрометрические исследования показали, что на выходе из системы утилизации (обезвреживания) свалочного газа идентифицировано практически такое же количество органических соединений, но с существенно меньшим (в 4,5 раз) суммарным содержанием. Состав биогаза на выходе из системы представлен углеводородами (55,5%), кислородсодержащими соединениями (37%), серо- и хлорсодержащими соединениями – 0,6 и 3%, соответственно. В результате работы системы очистки свалочного газа помимо снижения суммарной концентрации загрязняющих соединений установлено уменьшение содержания всех групп углеводородов от 2 до 35 раз, а также до-

стигнута практически полная очистка от веществ, придающих запах выбросам свалочного газа (серо- и азотсодержащих соединений). Однако, как и в первом случае, на выходе из системы очистки идентифицированы не обнаруженные в свалочном газе соединения, которые можно рассматривать как продукты трансформации углеводородов свалочного газа. Следовательно, и эта технология очистки наряду с эффективной очисткой широкого спектра загрязняющих веществ, включая вещества, придающие неприятный запах выбросам, обладает негативным побочным эффектом в виде образования неучтённых продуктов трансформации, требующая проведения её модернизации.

В табл. 3 проиллюстрирован недоучёт продуктов трансформации при оценке эффективности ряда технологий очистки, обезвреживания, утилизации, включая удаление запахов выбросов, а также эффект воздействия ионизации воздуха помещения и УФ-облучения воздушной среды помещения оранжереи с комнатными растениями.

Из табл. 3 видно, что только одна технология, в частности, пламенно-каталитическое сжигание промышленных газов на производстве полимерных материалов не сопровождалась образованием побочных продуктов трансформации. Все другие установки по очистке промышленных выбросов производств наряду с высоким положительным эффектом в виде существенного снижения интенсивности запаха или вовсе его уничтожения сопровождалась одновременно возникновением отрицательного побочного эффекта в виде образования токсичных и опасных продуктов трансформации. Так, в выбросах фабрики по производству кормов для животных (г. Ступино Московской обл.) выявлено 43 вещества. Обнаруженные соединения относились к различным группам химических веществ, в частности, к альдегидам, кетонам, ароматическим, предельным и непредельным углеводородам, нитрилам и нитросоединениям, серо-, хло-

Изменение компонентного состава органических соединений с учётом процессов трансформации веществ в выбросах и в воздухе помещений под влиянием техногенных физико-химических или биологических факторов

Источник загрязняющих веществ	Технология	Количество веществ			Продукты трансформации	Ненормированные продукты трансформации, %
		до воздействия	после воздействия	продуктов трансформации		
Производство полимерных материалов	Пламенно-каталитическое сжигание	36	31	–	–	–
Табачная фабрика	Химическая фильтрация через разбавленную серную кислоту	49	17	6	2-Циклогексен-1-он, гексановая кислота, аминлафталин, триметилпирразин, 2-пиримидиноамин, N,N-диметил	100
Производство растворимого кофе	Сжигание	32	32	17	2-Этилгексаналь, 4-метоксифенол, 2,3,4,5-тетрагидропирразин, бутилпирразин, 4-пиридинамин, нафталин и др.	94
Производство кондитерских изделий	Биокисление с использованием микроорганизмов	56	38	22	Диметилциклопропан, метилциклогексан, диметилциклогексан, метилэтилциклогексан, триметилциклогексаны, бу-тилциклогексан, пентен, октен, нонен, изопропен, этилбензол, м- и о-ксилолы, изопропилбензол, метилэтилбензол, триметилбензол, цимол, формальдегид, 4-октанон, диметил-сульфид	82
Производство кормов для домашних животных	Биофильтрация	43	12	1	Диметилсульфид	92
	Фотокалалитический фильтр	31	30	18	α-Пинен, карен, лимонен, толуол, трет-бутанол, 1-гексанол, 1-метокси-2-пропанол, 3,2-метил-бутанали, пентаналь, гексаналь, 2-метил-1,2-циклопентандион, 1,1-диэтокси-2-гексен, этилацетат, пропилацетат, бутилацетат, 2,6-бис-трет-бутил-хинон	41
Полигон ТБО, Московская обл., Ногинский район	Высокотемпературная факельная установка	72	29	18	Изопропилбензол, н-пропилбензол, метилэтилбензол, триметилбензол, метил-, н-пропилбензол, стирол, 1-бутанол, фенол, гексаналь, нонаналь, бензальдегид, бензацетальдегид, ацетофенон, диоксан, метилдигидропирран, метилсульфохлорид, ацетонитрил, оксим бензальдегида	63
Полигон ТБО, Московская обл., г. Балашиха	Высокотемпературная факельная установка	57	57	22	Циклопропилбутан, метилциклопентан, циклогексан, триметилциклопентан, диэтилциклогексан, циклогептан, циклоок-тан, циклодекан, этанол, изопропанол, третбутанол, изобутанол, бутаналь, додеканаль, 2-бутанон, ванилин, гексановая, гептановая, октановая, нонановая кислоты, фталевая кислота, тетрафлорэтилен	59
Помещение административного здания	Ионизация	37	36	4	Пентадекан, гептадекан, гексадецен, тетрадекановая кислота	100
Помещение оранжереи с растениями	УФ-облучение	26	46	24	Нонан, метилциклогексан, β-пинен, карен, цимол, γ-терпинен, этилбензол, метилэтилбензол, триметилбензол, фурфуриловый спирт, октаналь, нонаналь, фурфураль, 2-октанон, циклогексанон, пентилнонаоат, 2-гидрокси-пропилметакрилат, 5,6-дигидро-2-метилпирран, 2,4-диметилфуран, ментол, борнеол, 2,5-норборнандиол, карвон, бензонитрил	79

органическим соединениям, фуранам и др. Для значительной части идентифицированных соединений отсутствовали гигиенические нормативы. Большинство веществ обладало запахом, что являлось причиной жалоб населения, проживающего вблизи расположения этого производства.

На фабрике было организовано мероприятие по очистке газовых выбросов биохимическим методом с использованием биофильтра, основанного на способности природных микроорганизмов использовать в качестве питательного субстрата содержащиеся в выбросах вредные вещества. Процесс очистки осуществлялся в биофильтре посредством фильтрации выбросов через слой смеси соломы и опилок, пропитанный биологически активным раствором. Сравнительный анализ химических веществ до и после очистки биофильтром показал снижение уровней содержания как компонентного, так и группового состава. При этом суммарное содержание веществ, поступающих в атмосферный воздух после очистки фильтром, уменьшилось в 5,6 раза, в том числе: формальдегида – в 2,2 раза, бензальдегида – в 10 раз, ацетона – в 6 раз, бутаналя – в 23 раза, гексаналя – в 5 раз, октаналя – в 7 раз, изопропанола – в 4 раза. Установлено также, что количество веществ, поступающих в атмосферный воздух, уменьшилось на 32%. При этом 100%-й эффект очистки достигнут для ацетальдегида, акролеина, ацетофенона, диоксана, нитрометана, пирролидина и др. Следовательно, применение хромато-масс-спектрометрических исследований позволило оценить предложенную технологию биохимической очистки выбросов производства кормов для животных по критерию изменения химического состава загрязнений как эффективную. Вместе с тем, выявленное образование диметилсульфида, придающего запах выбросам, не позволило отнести эту технологию к полностью безвредным технологиям для здоровья населения, проживающего на близлежащих территориях.

Приведём пример технологии очистки производственных выбросов также небезопасной, с экологической точки зрения, для здоровья человека. Так, в выбросах в атмосферный воздух табачной фабрики «Балканская звезда» (г. Ярославль) установлено присутствие 49 органических веществ. Обнаружены в значительных концентрациях азотсодержащие вещества, в частности, производные пиридина, пиррола, пиазина, а также никотин с концентрацией, превышающей предельно допустимую до 100 раз. Идентифицирована группа фурановых соединений. Обратим внимание, что для более 90% обнаруженных веществ не установлены гигиенические нормативы их содержания в атмосферном воздухе.

Сравнительный анализ химического состава выбросов до и после очистного сооружения, принцип действия которого основан на улавливании разбавленной серной кислотой группы азотсодержащих соединений с образованием солей, показал уменьшение содержания компонентного и группового состава выбросов. При этом содержание никотина снизилось почти в 70 раз, а количество веществ, поступивших в атмосферный воздух после очистки, уменьшилось в 3 раза. Однако обратило на себя внимание появление 8 новых веществ. Среди них ненормированные азотсодержащие вещества, относящиеся к группе токсичных и опасных соединений [9]. Вещества, образовавшиеся в процессе применения этой технологии очистки, не контролируются, и их влияние на здоровье населения остаётся неучтённым. Таким образом, установлено, что в результате применения технологии очистки выбросов табачной фабрики наряду с эффективной очисткой от токсичной группы азотсодержащих веществ, включая никотин, образовались продукты трансформации – вещества, принадлежащие к группе токсичных соединений, гигиенические нормативы для которых не установлены.

Из этого можно предположить, что используемая технология очистки выбросов недостаточно безопасна с экологических позиций для здоровья человека.

Пищевое предприятие «Русский продукт» (г. Москва) характеризуется многочисленными жалобами населения, проживающего в районе его расположения, на присутствие запаха. Аналитические исследования выбросов этого предприятия на примере процесса производства кофе выявили присутствие 32 веществ. Среди них особо привлекли внимание азотсодержащие вещества, включая кофеин, и группа фурановых соединений. Более 90% идентифицированных веществ не имели

гигиенических нормативов. Сравнительная оценка химического состава выбросов до и после очистных сооружений показала существенное снижение уровней содержания группового состава загрязняющих веществ, причём концентрация одного из основных веществ в выбросах – кофеина – уменьшилась почти в 50 раз. Однако обнаружено образование ряда продуктов трансформации. Среди них ненормированные вещества – 2-этилгексаналя, 4-метоксифенол, 2,3,4,5-тетрагидропиразин, бутилпиразин, 4-пиридинамин, нафталин.

Улучшение качества окружающей среды и создание комфортных условий жизнедеятельности человека экологически безопасными методами – одно из современных актуальных направлений в экологии окружающей среды [24–26]. Улучшение качества внутренней среды помещений предусматривает использование различных современных технических систем жизнеобеспечения для регулирования параметров среды [27]. Однако существующие методы очистки и кондиционирования воздуха общественных и производственных помещений не только не обеспечивают необходимое качество очистки, но и нередко могут приводить к возникновению токсичных веществ, способствовать деионизации воздуха и ухудшения его качества по химическим показателям [5].

К настоящему времени получает развитие новое направление в экологии – средоулучшающие фитотехнологии, основанные на способности растений оздоравливать окружающую среду для снижения её неблагоприятного воздействия на здоровье населения [28–31]. Хромато-масс-спектрометрические исследования состава летучих органических компонентов эфирных растений фитокомпозиции при использовании для искусственного освещения УФ-облучения показали, что в составе летучих выделений растений, выращенных при естественном освещении, идентифицировано 26 органических соединения [32].

Несмотря на полезность для растений дополнительного искусственного освещения, установлен рост количества веществ с образованием новых соединений и увеличение суммарного содержания идентифицированных веществ. Возросло содержание токсичных фенола (в 14 раз), бензальдегида (в 10 раз) и ацетофенона (в 7 раз). Наибольшую гигиеническую значимость имела специфическая для объектов природного происхождения группа терпеновых углеводородов, которая относится к группе легкотрансформируемых веществ, а также группы кислотосодержащих соединений (альдегиды, кетоны, фенолы, эфиры), относящиеся к токсичным и опасным группам химических веществ. Более 50% выявленных соединений не имели гигиенических нормативов, оценить их опасность или безопасность для здоровья человека не представляется возможным. Применение растений в закрытых помещениях требует контроля состава летучих выделений и установления оптимальных условий (насыщенность растений в помещении, объём помещения, наличие кондиционирующих или озонирующих установок, температурный режим, влажность и др.) с целью обеспечения химической безопасности для здоровья человека.

## Обсуждение

Для адекватной оценки качества окружающей среды и химической безопасности здоровью населения важным условием является учёт многокомпонентности состава химических загрязнений и учёт продуктов трансформации веществ, воздействующих на человека в реальных условиях загрязнения окружающей среды. На примерах оценки эффективности и химической безопасности применения новых природоохранных технологий очистки выбросов ряда предприятий и мероприятий по оздоровлению воздушной среды закрытых помещений показано, что их применение, с одной стороны, направлено на решение непосредственно их целевого назначения, то есть установлено снижение качественно-количественного состава загрязняющих веществ в производственных выбросах, включая такой важный компонент, с точки зрения экологических аспектов, как уничтожение запаха, а с другой стороны, – одновременно может сопровождаться негативным побочным эффектом, связанным с образованием токсичных и опасных продуктов трансформации даже для веществ природного происхождения, значительная часть которых не имеет гигиенических нормативов, а следовательно их влияние на здоровье населения остаётся неучтённым.

## Заключение

Побочное влияние применения технологий нередко проявляется изменением в сторону ухудшения химического состава объекта окружающей среды, подвергающегося в результате использования данной технологии физико-химическому воздействию, в частности, нагреванию, хлорированию, озонированию, УФ-облучению, ароматизации, ионизации или фитоионизации, биофильтрации и др. Хромато-масс-спектрометрические исследования, ориентированные на идентификацию с количественной оценкой компонентов выбросов до и после применения природоохранной технологии или средоулучшающего и оздоровительного мероприятия, позволяют проводить мониторинг качества и химической безопасности объектов окружающей среды с учётом реального содержания и изменения группового и компонентного состава под влиянием химического воздействия новой технологии и давать рекомендации по дальнейшему совершенствованию новой технологии с точки зрения экологических аспектов, что, в свою очередь, будет способствовать сохранению здоровья населения.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.  
**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература (пп. 18, 19 см. References)

1. Онищенко Г.Г. Окружающая среда и состояние здоровья населения. Экологическая доктрина России в контексте общенациональной стратегии устойчивого развития. *Гигиена и санитария*. 2001 (3): 3-10.
2. Данилов-Данильян, В.И. *Экология, охрана природы и экологическая безопасность*. М.: МНЭПУ, 1997: 20–2.
3. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А., Растянкин Е.Г., Козлова Н.Ю. Химико-аналитические аспекты исследования комплексного действия факторов окружающей среды на здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2016. 94(7): 5-10.
4. *Научно-методические аспекты обеспечения гигиенической безопасности населения в условиях воздействия химических факторов*. Г.Г. Онищенко и др.. М.: Медицинская книга, 2004: 367.
5. Мишук Н.А., Гончарук В.В., Вакуленко В.Ф. Теоретический анализ процессов, протекающих при озонировании воды, содержащей органические вещества. *Химия и технология воды*. 2003; 25(1): 3-29.
6. Малышева А. Г., Рахманин Ю. А., Растянкин Е. Г., Козлова Н. Ю., Артюшина И. Ю., Шохин В. А. Хромато-масс-спектрометрическое исследование летучих выделений растений для оценки эффективности и химической безопасности применения средоулучшающих фитотехнологий. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(6): 501-7.
7. Малышева А.Г., Шелепова О.В., Козлова Н.Ю. Хромато-масс-спектрометрические исследования летучих выделений растений для оценки химической безопасности применения аэрофитоконплексов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017 (9): 118-9.
8. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А. *Физико-химические исследования и методы контроля веществ в гигиене окружающей среды*. СПб.: НПО «Профессионал»; 2012.
9. Исидоров В.А., Зенкевич И.Г. *Хромато-масс-спектрометрическое определение следов органических соединений в атмосфере*. Л.: Химия, 1982. 136 с.
10. Хмельницкий Р.А., Бродский Е.С. *Масс-спектрометрия загрязнений окружающей среды*. М.: Химия, 1990. 184 с.
11. *Анализ объектов окружающей среды. Инструментальные методы*. Пер. под ред. Р. Сонясси. М.: Мир, 1993. 80 с.
12. Другов Ю.С., Родин А.А. *Экологическая аналитическая химия*. СПб.: Анатолия, 2002. 464 с.
13. Сидоренко Г.И., Малышева А.Г., Кутепов Е.Н. *Проблемы трансформации органических соединений в гигиене окружающей среды*. М., 1999. 131 с.
14. Малышева А.Г. Совершенствование химико-аналитического контроля качества и безопасности окружающей среды с учетом процессов трансформации веществ. *Российская гигиена – развивая традиции, устремляемся в будущее: Материалы XII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей (Москва, 17-18 ноября 2017 г.)*. Под редакцией д.м.н., проф. А.Ю. Поповой, академика РАН В.Н. Ракитского, д.м.н., проф. Н.В. Шестопалова. Том 2. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2017: 690-3. (ISBN 978-5-394-02965-3 (Т. 2)).
15. Малышева А.Г. Трансформация веществ – дополнительная опасность химического загрязнения окружающей среды здоровью населения. *Материалы Международного Форума научного совета РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды «Экологические проблемы современности: выявление и предупреждение неблагоприятного воздействия антропогенно детерминированных факторов и климатических изменений на окружающую среду и здоровье населения»*, 14-15 декабря 2017 г.: 292-4.
16. Малышева А.Г. Закономерности трансформации органических соединений в окружающей среде. *Гигиена и санитария*. 1997; 3: 5-10.
17. Петров В.В., Гусева А.Ю., Гусакова Н.В., Воробьев Д.М. Обеспечение функционирования городской системы экологического мониторинга данных по обращению с отходами производства и потребления в г. Таганроге. *Инженерный вестник Дона*. 2012 (4, часть 2), URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1350/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1350/).
20. Шеина С.Г., Бабенко Л.Л., Неделько С.С., Кобалия Н.Б. Система управления твердыми бытовыми отходами с использованием ГИСтехнологий. *Инженерный вестник Дона*. 2012 (4, часть 2), URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1258/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1258/).
21. Центр стратегических исследований топливно-энергетического комплекса Дальнего Востока. Аналитическая записка. «Энергетический потенциал свалочного газа на полигонах ТБО». 2013 г., 52 с. Электронный ресурс: [fecsrfec.ru>upload/ibioc488](http://fecsrfec.ru>upload/ibioc488).
22. Гурвич В.И., Лифшиц А.Б. Добыча и утилизация свалочного газа (СГ) – самостоятельная отрасль мировой индустрии. *Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы»*. 2005 (5). Электронный ресурс: [www.ecoline.ru](http://www.ecoline.ru).
23. Малышева А. Г., Козлова Н. Ю., Растянкин Е. Г., Ермаков А. А., Шохин В. А. Физико-химические исследования для оценки химической безопасности и эффективности применения новой системы очистки свалочного газа на полигоне твердых бытовых отходов. *Гигиена и санитария*, 2017. (11): 1103-8.
24. Малышева А.Г. Летучие органические соединения в воздушной среде помещений жилых и общественных зданий. *Гигиена и санитария*. 1999;1: 43-6.
25. Губернский Ю.Д., Рахманин Ю.А., Калинина Н.В. Итоги и перспективы развития исследований по гигиене жилых и общественных зданий. *Сб. материалов: Итоги и перспективы научных исследований по проблеме экологии человека и гигиены окружающей среды*. Под ред. Ю.А. Рахманина. М. 2011: 75-87.
26. Губернский Ю.Д., Калинина Н.В., Гапонова Е. Б., Маковецкая А.К., Малышева А.Г. Гигиеническая оценка химических аллергенов, воздействующих на человека в условиях жилых и общественных зданий. *Материалы Международного Форума научного совета РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды «Экологические проблемы современности: выявление и предупреждение неблагоприятного воздействия антропогенно детерминированных факторов и климатических изменений на окружающую среду и здоровье населения»*, 14-15 декабря 2017 г.: 116-9.
27. Малышева А.Г., Гуськов А.С., Козлова Н.Ю., Губернский Ю.Д., Растянкин Е.Г., Беззубов А.А. Аналитические аспекты гигиенической оценки ионизации воздуха общественных помещений. *Гигиена и санитария*. 2006; 4: 32-7.
28. Жученко А.А. мл., Труханов А.И. *Средоулучшающие фитотехнологии в северных мегаполисах*. М.: Красанд; 2009.
29. Виноградов Б., Виноградова Н., Голан Л. *Ароматерапия. Учебный курс*. Fultus Books; 2006.
30. Ткачев А.В. *Исследование летучих веществ растений*. Новосибирск: «Офсет»; 2008.
31. Чесноков В.А., Базырина Е.Н., Бушуева Т.М., Ильинская Н.Л. *Выращивание растений без почвы*. Л.: Изд-во Ленинградского университета; 1960.
32. Малышева А. Г., Рахманин Ю. А., Растянкин Е. Г., Козлова Н. Ю., Артюшина И. Ю., Шохин В. А. Хромато-масс-спектрометрическое исследование летучих выделений растений для оценки эффективности и химической безопасности применения средоулучшающих фитотехнологий. *Гигиена и санитария*, 2016. 95(6): 501-7.

## References

- Onishchenko G.G., Environment and health of the population. Ecological doctrine of Russia in the context of the national strategy for sustainable development. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*, 2001 (3): 3-10. (in Russian)
- Danilov-Danilyan, V.I. *Ecology, nature protection and ecological safety*. M.: MNEPU, 1997. pp. 20-2. (in Russian)
- Malysheva A.G., Rakhmanin Yu.A., Rastyannikov E.G., Kozlova N.Yu., Chemical analytical aspects of the study of the complex effect of environmental factors on public health. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016, 94(7): 5-10. (in Russian)
- Scientific and methodological aspects of ensuring hygienic safety of the population under conditions of chemical factors*. Onishchenko G.G. et al., Meditsinskaya kniga, Moscow, 2004, 367 p. (in Russian)
- Mishchuk N.A., Goncharuk V.V., Vakulenko V.F. Theoretical analysis of the processes taking place during ozonation of water containing organic substances. *Khimiya i tekhnologiya vody*. 2003. (25). 1: pp. 3-29. (in Russian)
- Malysheva A. G., Rakhmanin Yu. A., Rastyannikov E. G., Kozlova N. Yu., Artyushina I. Yu., Shokhin V. A., Chromato-mass-spectrometric study of volatile emissions of plants for assessing the efficacy and chemical safety of the use of environment-improving phytotechnologies. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016. 95(6): pp. 501-7. (in Russian)
- Malysheva A. G., Shelepova O. V., Kozlova N. Yu., Chromatography mass-spectrometry studies of volatile plant emissions to assess the chemical safety of the application of aerophytocomplexes. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2017 (9): 118-9. (in Russian)
- Malysheva A. G., Rakhmanin Yu. A. *The physical and chemical studies and methods of substances control in the environmental hygiene*. Saint-Petersburg, "Professional", 2012. (in Russian)
- Isidorov V.A., Zenkevich I. G., *Chromato-mass-spectrometric determination of traces of organic compounds in the atmosphere*. Leningrad. "Khimiya", 1982. 136 p. (in Russian)
- Khmelnitskiy R.A., Brodskiy E.S., *Mass spectrometry of environmental pollution*. Moscow. "Khimiya", 1990. 184. (in Russian)
- Analysis of environmental objects. Instrumental methods*. Trans. ed. by R. Soniassy. Moscow, "Mir", 1993. 80 p. (in Russian)
- Drugov Yu.S., Rodin A.A. *Ecologicheskaya analiticheskaya khimiya*. Saint-Petersburg. "Anatoliya", 2002, 464. (in Russian)
- Sidorenko G.I., Malysheva A.G., Koutepov E.N. *Problems of transformation of organic compounds in environmental health*. Moscow, 1999. 131 p. (in Russian)
- Malysheva A.G. Improvement of chemical and analytical quality control and environmental safety taking into account the processes of substances' transformation. *Russian hygiene - developing traditions, rushing into the future: Materials of the XII Congress of Hygienists and Sanitary Physicians of Russia*. Moscow. November 17-18, 2017. Popova A.Yu. (ed.), Rakitskiy V.N. (ed.), Shestopalov N.V. (ed.), vol. 2, "Dashkov & Co", 2017, 690-3. (in Russian)
- Malysheva A.G. Transformation of substances is an additional danger of chemical pollution of the environment to the health of the population. *Materials of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Health "Ecological problems of the present: detection and prevention of the adverse impact of anthropogenically deterministic factors and climate changes on the environment and public health"*, December 14-15, 2017. pp. 292-4. (in Russian)
- Malysheva A.G. Laws of transformation of organic compounds in the environment, *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1997 (3): 5-10 (in Russian)
- Petrov V.V., Guseva A.Ju., Gusakova N.V., Vorob'ev D.M. The ensuring of the functioning of urban environmental data monitoring system for the management of production and consumption waste in Taganrog. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2012 (4, part 2), URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1350/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1350/) (in Russian)
- Hong Jinglan, Li Xiangzhi, Zhaojie Cui Life cycle assessment of four municipal solid waste management scenarios in China. *Waste Management*. 2010. 30 (11): 2362-9.
- Bovea M.D., Ibáñez-Forés V., Gallardo A., Colomer-Mendoza F.J. Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study. *Waste Management*. 2010; 30(11): 2383-95.
- Sheina S.G., Babenko L.L., Nedel'ko S.S., Kobaliya N.B. The control system of solid household waste using GIS-technologies. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2012 (4, part 2), URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1258/](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1258/) (in Russian)
- Center for Strategic Studies of the Fuel and Energy Complex of the Far East. Analytic note. "Energy potential of landfill gas at solid domestic waste landfills"*. 2013. 52 p. URL: [fecsfec.ru/upload/iblock488](http://fecsfec.ru/upload/iblock488). (in Russian)
- Gourvich V.I., Lifschitz A.B. Production and utilization of landfill gas – the independent sector of World industry. *E-magazine of "Ecological systems" company*. 2005 (5). (in Russian)
- Malysheva A.G., Kozlova N.Yu., Rastyannikov E.G., Ermakov A.A., Shokhin V.A. Physico-chemical researches for an assessment of chemical safety and efficiency of application of a new system of cleaning of landfill gas at the solid household waste landfill. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017. 11: 1103-08. (in Russian)
- Malysheva A.G. Volatile organic compounds in the air of residential and public premises. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 1999(1): 43-6. (in Russian)
- Gubernskiy Yu.D., Rakhmanin Yu.A., Kalinina N.V. Results and perspectives of development of studies in hygiene of residential and public premises. *Results and perspectives of scientific studies in human ecology and environmental hygiene*. Yu.A. Rakhmanin ed. Moscow, 2011: 75-87. (in Russian)
- Gubernskiy Yu.D., Kalinina N.V., Gaponova E.B., Makovetskaya A.K., Malysheva A.G. Hygienic assessment of chemical allergens affecting humans in residential and public buildings. *Materials of the International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Health "Ecological problems of the present: detection and prevention of the adverse impact of anthropogenically deterministic factors and climate changes on the environment and public health"*, December 14-15, 2017: 116-9. (in Russian)
- Malysheva A.G., Gousskov A.S., Kozlova N.Yu., Gubernskiy Yu.D., Rastyannikov E.G., Bezzoubov A.A. The analytical aspects of the hygienic assessments of air ionization in public premises. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2006; 4: 32-7. (in Russian)
- Zhuchenko A.A. jr., Troukhanov A.I. *The environmental improving phyto-based technologies in northern megacities*. Moscow: Krasand, 2009. (in Russian)
- Vinogradov B., Vinogradova N., Golan L. *Aromatherapy. Educational Course*. Fultus Books; 2006. (in Russian)
- Tkachyov A.V. *The study of plant volatiles*. Novosibirsk, Ofset, 2008. (in Russian)
- Chesnokov V.A., Baryzina E.N., Bushueva T.M., Illinskaya N.L. *The growing of plants without soil*. Leningrad, LSU; 1960. (in Russian)
- Malysheva A.G., Rakhmanin Yu.A., Rastyannikov E.G., Kozlova N.Yu., Artiushina I.Yu., Shokhin V.A. Chromatography mass-spectrometry study of volatile secretions of plants to assess the effectiveness and chemical safety phytotechnologically applications, *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016. 95 (6): 501-7. (in Russian)