

Газовоздушные выбросы стеклотарного производства как фактор риска здоровью населения

© 2020. Т. А. Трифонова¹, д. б. н., профессор,
А. А. Марцев², к. б. н., доцент,

О. Г. Селиванов², инженер-исследователь,

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
119991, Россия, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1,

²Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, д. 87,
e-mail: MartsevAA@yandex.ru

Целью исследования явилась эколого-гигиеническая оценка окружающей среды (ОС) и состояния здоровья населения в городе с современным стеклотарным производством. В работе использованы статистические данные официальных служб региона по Гороховецкому району Владимирской области, а также данные собственных исследований. Определение тяжёлых металлов (ТМ) в почве проводили рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «Спектроскан МАКС-G». Определение содержания анионов проводили в водных вытяжках из почв методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-104». Были получены статистически достоверные положительные коэффициенты корреляции между заболеваемостью населения и динамикой выбросов в ОС от стационарных источников. Получены данные о содержании ТМ и анионов в почвах на различных участках г. Гороховец. Проведённая эколого-гигиеническая оценка состояния ОС позволила выявить, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы Гороховецкого района в последние годы вносит автотранспорт. Основным стационарным источником загрязнения воздушного бассейна является стеклотарный завод, побочными продуктами производства которого являются, в первую очередь, оксиды азота. Выявленные статистически достоверные коэффициенты корреляции между динамикой выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников и показателями ряда классов болезней, а также превышение в почве города, по сравнению с контролем, содержания нитратов позволяет предполагать вероятную зависимость развития патологических процессов у населения от поступающих в атмосферу оксидов азота.

Ключевые слова: стеклотарное производство, тяжёлые металлы, диоксид азота, здоровье населения.

Gas-air emissions from glass container production as a risk factor for public health

© 2020. T. A. Trifonova¹ ORCID: 0000-0002-1628-9430²

A. A. Martsev² ORCID: 0000-0002-3572-9163², O. G. Selivanov² ORCID: 0000-0003-3674-0660²

¹Lomonosov Moscow State University,

1, Leninskiye Gory, GSP-1, Moscow, Russia, 119991,

²Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov,

87, Gorkogo St., Vladimir, Russia, 600000,

e-mail: MartsevAA@yandex.ru

The purpose of this work was to assess the impact of environmental pollution on the public health of the city, in which a modern enterprise for the manufacturing glass products operates. The paper uses the statistical data of the official regional services in the Gorokhovetsky district of the Vladimir region, as well as the data of our own research. Determination of heavy metals in the soil was performed by X-ray fluorescence method on the spectrometer "Spectroscan MAX-G". Determination of anion content in soils was carried out using water extracts of soil samples by capillary electrophoresis on the device "Kapel-104". Statistically significant positive correlation coefficients between population morbidity and emission dynamics from stationary sources were obtained. Data on the content of heavy metals (HM) and anions in different parts of Gorokhovets were obtained. It is established that the main stationary source of environmental pollution is a glass plant, by-products of which are primarily nitrogen oxides. Statistically significant correlation between the dynamics of emissions of pollutants from stationary sources and a number of classes of diseases, as well as the excess of nitrates in the soil of the city, in comparison with the control, suggests a possible dependence of the development of pathological processes in the population on the intake of nitrogen oxides from

the atmosphere. The solution to the problem of reducing harmful emissions of glass container production can be innovative changes in the technology of glass melting and furnace design, the use of new devices for burning organic fuel, the transition to cooking using electricity, which practically eliminates the entry of harmful volatile pollutants into the atmosphere.

Keywords: glass production, heavy metals, nitric oxide, morbidity.

Население промышленно развитых центров постоянно подвергается воздействию комплекса техногенных факторов загрязнения окружающей среды (ОС), что является одной из главных причин ухудшения состояния здоровья [1]. Известно, что ведущим техногенным фактором, оказывающим негативное влияние на здоровье населения, является загрязнение атмосферного воздуха, обусловленное выбросами загрязняющих веществ (ЗВ) в результате работы автотранспорта, а также промышленных предприятий [2–4]. Одним из таких источников является стекольное производство [5, 6].

Производство изделий из стекла связано с образованием большого количества отходов и вредных газообразных выбросов, объёмы которых зависят от производительности стекловаренных печей. Варка стекла из шихты протекает при высоких температурах, а многие её компоненты обладают летучестью в диапазоне температур образования стекла. Для достижения необходимой температуры требуется сжигание большого количества органического топлива, что неизбежно приводит к загрязнению атмосферы токсичными веществами. Учитывая, что все современные стеклотарные производства оснащены печами большой производительности, существует реальная угроза локального загрязнения промышленными выбросами воздушного бассейна. Стоит отметить, что наибольшее загрязнение атмосферы от деятельности стекловаренных печей (до 80% и выше) дают оксиды азота (NO_x), загрязнение воздуха которыми оказывает негативное воздействие на здоровье населения. По данным многочисленных исследований учёных-гигиенистов в формировании показателей здоровья у человека значительное место занимают ЗВ атмосферного воздуха, на действие которых чутко реагирует слизистая верхнего отдела дыхательных путей. У детей на фоне неблагоприятного целостного действия загрязнения отмечается повышенная чувствительность к содержанию оксида углерода в воздухе. Взрослое население города более адаптировано к внешнему неблагоприятному воздействию загрязнённого атмосферного воздуха, однако и оно активно реагирует на повышенное содержание диоксида азота и взвешенных веществ [7].

Для уменьшения степени воздействия аэрополлютантов на ОС на современных стеклотарных производствах предусмотрены системы очистки и обезвреживания вредных технологических выбросов. Данные системы являются дорогостоящими и не всегда эффективны в виду сложного химического состава улавливаемых газов и вредных компонентов, что связано со спецификой технологического процесса стеклотарного производства. Поэтому даже на современном уровне развития данные производства могут представлять потенциальную угрозу ОС и здоровью населения.

Целью исследования явилась эколого-гигиеническая оценка состояния окружающей среды и здоровья населения в городе с современным стеклотарным производством.

Материалы и методы исследования

Гороховецкий район – административно-территориальная единица и муниципальный район Владимирской области с общей численностью населения по данным 2017 г. (<http://gorohovec.ru/>) 21416 человек, расположенный на востоке области и граничащий с Нижегородской областью. Через район проходит федеральная трасса М-7, что обуславливает непрерывный высокий поток автотранспортных средств.

В работе использованы статистические данные официальных служб региона, а также данные собственных исследований. Данные по выбросам от стационарных источников и автотранспорта в атмосферный воздух (2001–2015 гг.) Гороховецкого района получены из отчётов администрации области «О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области» за 2001–2015 гг.; о качественном составе выбросов завода «Русджам» данные Н.А. Ишунькиной [8]; о заболеваемости населения (2001–2016 гг.) различными классами болезней из отчётов медицинского информационно-аналитического центра (МИАЦ) Владимирской области «Ресурсы и деятельность медицинских организаций, здоровье населения Владимирской области». В работе были проанализированы данные по заболеваемости новообразованиями, органов

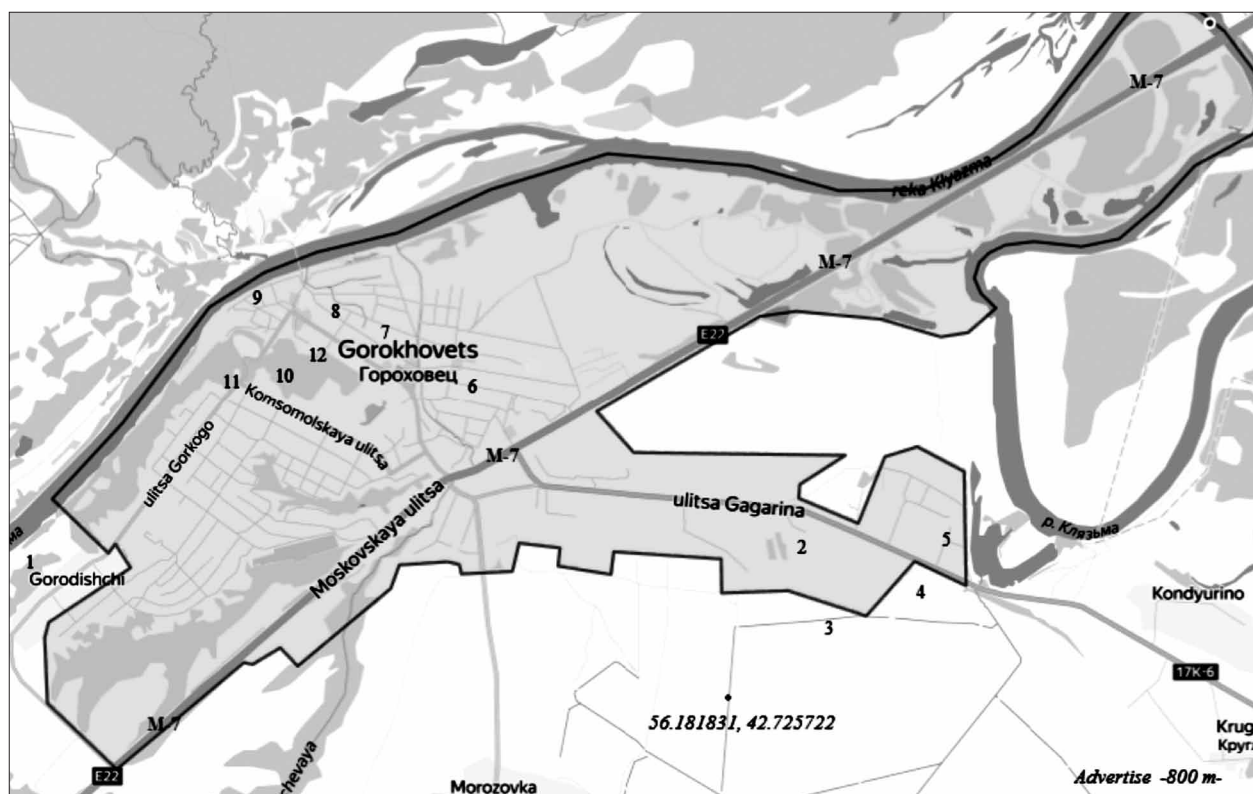


Рис. Участки отбора образцов почв
Fig. Soil sampling points

дыхания, пищеварительной системы, травмами и отравлениями населения трёх возрастных групп (дети до 14 лет, подростки 15–17 лет и взрослые старше 18 лет), а также врождённых пороков развития детей и подростков. Выбор обусловлен тем, что данные нозологии являются маркерами экологического состояния в регионе [9].

Отбор образцов почв в г. Гороховец на различных реперных участках, а также их анализ на содержание анионов и тяжёлых металлов (ТМ), был произведён в летний период 2018 г. Участки отбора проб выбирали с учётом близости возможных источников загрязнения и их максимального воздействия на население (периметр завода «Русджам» и центр города). Контрольный образец почвы был отобран за городом, в пойме р. Клязьма (участок отбора проб № 1) (рис.).

Подготовку проб к анализу производили в соответствии с ГОСТ 14.4.02-84. Определение ТМ в почве проводили рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «Спектроскан МАКС-G» в соответствии с ПНД Ф 16.1.42-04. Определение содержания анионов в водных вытяжках из почв методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-104». Для оценки влияния газопылевых выбросов на здоровье

населения был использован коэффициент эмиссионной нагрузки [10]. Для выявления возможной связи между заболеваемостью и выбросами в атмосферный воздух были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона (r). Обработку данных и корреляционно-регрессионный анализ проводили в программе «Statistica». Статистически значимыми признавались результаты с уровнем значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Анализ заболеваемости населения показал, что за анализируемый период с 2001 по 2016 гг. в Гороховецком районе произошло увеличение числа случаев заболеваемости детей новообразованиями на 67,7%, органов дыхания на 47,7%, травмами и отравлениями на 97,9%, врождёнными пороками развития на 128%; подростков – органов дыхания на 30,3% и врождёнными пороками развития на 186,6%; взрослых – новообразованиями на 19,4%, органов дыхания на 37,8% и травмами и отравлениями на 52%. При этом Гороховецкий район является «лидером» в регионе по относительным показателям заболеваемости детей новообразованиями, а ведущим фактором, негативно влияющим на здоровье

Таблица 1 / Table 1

Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Гороховецкого района, тыс. т
The amount of pollutant emissions into the atmosphere of the Gorokhovets district, thousand tons

Источник выбросов Emission source	Год / Year									
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Автотранспорт Motor transport	0,86	0,85	0,88	0,89	1,42	2,10	2,00	1,80	1,80	1,83
Стационарные источники Stationary source	3,24	2,02	1,59	2,24	2,28	2,02	1,78	1,26	1,08	0,95
ООО «Русджам» Ruscam LLC	2,59	1,32	0,93	1,76	1,76	1,65	1,47	1,00	–	–
Всего: / Total:	4,10	2,87	1,81	2,65	3,70	4,12	3,78	3,06	2,88	2,78

Примечание: «–» – данные отсутствуют.
Note: “–” – no data available.

Таблица 2 / Table 2

Результаты корреляционно-регрессионного анализа между динамикой количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и заболеваемости населения в Гороховецком районе за 2001–2015 гг. / The results of the correlation and regression analysis between the dynamics of the amount of pollutant emissions into the atmosphere and the incidence of the population in Gorokhovets district for 2001–2015

Заболеваемость Incidence	Коэффициенты корреляции Correlation coefficients	Уравнение регрессии Regression equation
Показатели год в год / Year to year		
Новообразования у детей до 14 лет Neoplasms of children under 14 years old	$r = 0,58; p = 0,022$	$y = 12,1372 + 2,4153x$
Травмы и отравления детей до 14 лет Injuries and poisoning of children under 14 years old	$r = 0,53; p = 0,041$	$y = 58,4389 + 8,7669x$
Смещение значений выбросов загрязняющих веществ по отношению к значениям заболеваемости на 1 год вперёд / Pollutant emissions are shifted for one year ahead		
Новообразования у детей до 14 лет Neoplasms of children under 14 years old	$r = 0,59; p = 0,021$	$y = 13,7124 + 2,0995x$

населения в регионе, является загрязнение атмосферного воздуха [9]. Согласно официальным статистическим данным Администрации Владимирской области, основным источником загрязнения воздушного пространства в Гороховецком районе, как и в целом в регионе, в последнее время является автотранспорт. На его долю в 2015 г. пришлось 1,83 тыс. т, то есть 65,8% от общих выбросов (табл. 1). Это связано, в первую очередь, со снижением в районе мощностей производства. Основным стационарным источником загрязнения воздушного бассейна района в последние два десятилетия являлось предприятие ООО «Русджам», один из наиболее крупных в Европе заводов по выпуску стеклотары.

В результате проведенного корреляционного анализа были получены статистически достоверные коэффициенты корреляции между значениями выбросов ЗВ и детской заболеваемостью новообразованиями, травмами и отравлениями. Причём, с новообразованиями, коэффициенты корреляции остаются

практически теми же при смещении значений выбросов ЗВ на год вперёд (табл. 2).

Были получены статистически достоверные коэффициенты корреляции между динамикой выбросов от стационарных источников и заболеваемостью новообразованиями детей, а также заболеваемостью болезнями пищеварительной системы всех возрастных групп. Статистически достоверные значения коэффициентов были получены только при смещении значений выбросов ЗВ по отношению к значениям заболеваемости на 1 год вперёд, что вероятно, может свидетельствовать о кумулятивном эффекте (табл. 3).

Статистически достоверных коэффициентов корреляции между показателями заболеваемости и динамикой выбросов от автотранспорта не выявлено.

Административным и промышленным центром района является г. Гороховец, в котором проживает около 60% населения района (по данным за 2017 г. 12948 чел.) [11]. При этом именно здесь функционирует основной

стационарный источник загрязнения воздуха – завод «Русджам», который начал свою деятельность в 2002 г. Количество выбросов в атмосферу от стационарных источников в данном районе увеличилось с 0,7 тыс. т в 2001 г. до 0,95 тыс. т в 2015 г., достигнув максимума в 2005 г. (3,83 тыс. т). В это же время, количество детей с новообразованиями увеличилось в Гороховецком районе с 12,7 на 1000 в 2001 г. до 21,3 на 1000 в 2016 г. с пиком в 2005 (24,1 на 1000) и ещё через три года (24,1 на 1000 в 2008 г. и 24,4 на 1000 в 2009 г.). При расчёте коэффициента эмиссионной нагрузки Саета, оказалось, что на одного жителя города приходится около 80 т выбросов от предприятия в год (по расчётам за 2006–2013 гг.).

Результаты исследования почв на содержание ТМ и анионов – загрязнителей воздушного бассейна представлены в таблицах 4, 5.

Как известно, при варке стекла (бесцветного, зелёного, коричневого) в стекловаренных печах стеклотарных производств в атмосферу воздуха выделяются оксид алюминия(III), оксид железа(III), оксиды кобальта и церия (входят в состав красящих пигментов) [12, 13]. С выхлопными газами от работы автотранспорта в атмосферу воздуха могут попадать ТМ: Pb, Zn, Cu, Cr, Co [4]. Анализ проб почв города показал превышение по содержанию свинца (участки №№ 6, 8, 9 – рис.) и цинка (участки №№ 7, 11, 12 – рис.), что, вероятно, связано с интенсивной загруженностью автомагистралей и работой дизельного и бензинового автотранспорта в центре города. В участках отбора проб по периметру стекольного завода «Русджам» превышения концентраций ТМ в почве, по сравнению с контролем, не обнаружено.

Известно, что стекольное производство требует больших затрат тепла и, как следствие,

Таблица 3 / Table 3

Результаты корреляционно-регрессионного анализа между динамикой выбросов от стационарных источников и заболеваемостью со смещением в 1 год в Гороховецком районе
The results of the correlation and regression analysis between the dynamics of emissions from stationary sources and incidence with a shift of 1 year in the Gorokhovets district

Заболеваемость Incidence	Коэффициенты корреляции Correlation coefficients	Уравнение регрессии Regression equation
Новообразования у детей до 14 лет Neoplasms of children under 14 years old	$r = 0,6; p = 0,018$	$y = 16,3902 + 2,0392x$
Болезни системы пищеварения у детей до 14 лет Digestive system diseases of children under 14 years old	$r = 0,59; p = 0,021$	$y = 68,9067 + 75,7308x$
Болезни системы пищеварения у подростков 15–17 лет Digestive system diseases of adolescents 15–17 years old	$r = 0,68; p = 0,005$	$y = 110,3046 + 78,1347x$
Болезни системы пищеварения у взрослых старше 18 лет Digestive system diseases of adults over 18 years old	$r = 0,55; p = 0,034$	$y = 101,6229 + 40,3025x$

Таблица 4 / Table 4

Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почве города Гороховец, мг/кг
Heavy metal and arsenic content in Gorokhovets soil, mg/kg

№ участка отбора проб Sampling area No.	Pb	As	Zn	Cu	Co	Cr
1	64,5±2,8	6,9±0,2	81±23	162±16	41±11	165±64
2	61±3	7,4±2,2	57±6	58±5	5,8±2,7	65±10
3	63±9	4,2±1,8	57±5	82,7±2,6	9,2±0,6	72±6
4	65,7±10	7±3	52±4	74±7	7,3±1,1	63±6
5	58±4	5,5±1,3	43±4	53±6	3,65±0,4	61,8±1,9
6	92±8	9,7±1,8	84,3±2,5	98±4	15±3	77±11
7	69±8	2,8±1,8	106,7±2,6	103±4	17±3	83±11
8	103±7	10,1±1,6	73,3±2,2	65,9±2,9	4,5±2,6	48±9
9	117±8	9,1±1,8	157,4±2,9	96±3	13±3	121±11
10	61±7	5,9±1,6	80,1±2,3	92±3	14±3	109±11
11	79±11	8,7±1,3	154±28	75±10	8±4	69±7
12	67,7±0,3	10,9±2,4	175±26	81±12	18±10	113±5

Таблица 5 / Table 5

Содержание анионов в водных вытяжках почвы города Гороховец, мг/л
The content of anions in water extracts of the soil of Gorokhovets, mg/L

№ участка отбора проб Sampling area No.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	CH ₃ COO ⁻
1	10,6±1,3	3,10±0,22	2,80±0,10	1,00±0,08	0,40±0,02	8,6±0,7
2	7,4±0,3	2,50±0,21	2,30±0,07	3,2±0,8	0,20±0,07	4,2±1,3
3	7,2±0,6	7,0±3,9	1,50±0,07	3,7±0,5	0,35±0,4	2,7±1,8
4	12,5±7,5	5,6±0,5	4,1±1,2	9,8±2,8	0,20±0,07	3,5±0,4
5	7,7±4,5	3,7±2,7	1,60±0,11	2,8±1,1	0,6±0,5	4,30±0,24
6	7±0,8	3,40±0,15	2,2±0,3	8,9±0,7	0,20±0,01	5,4±0,4
7	5,9±0,5	3,7±0,7	1,7±0,2	4,2±0,9	0,10±0,01	2,9±0,8
8	6,5±0,3	2,70±0,21	1,80±0,14	6,1±0,5	0,50±0,02	8,0±0,6
9	4,4±0,3	7,1±0,4	2,10±0,16	4,8±0,4	0,10±0,01	3,90±0,27
10	4,2±0,2	4,1±0,3	2,50±0,19	5,6±0,5	0,7±0,5	3,10±0,27
11	4,5±0,3	4,6±0,3	1,70±0,10	4,8±0,4	0,9±0,7	3,30±0,23
12	6,2±0,5	3,5±0,3	3,30±0,28	7,0±0,6	0,6±0,5	3,9±0,4

сжигается большое количество топлива, что неизбежно приводит к загрязнению атмосферы токсичными веществами [14]. Ежегодно в атмосферу города в результате работы предприятия попадает от 500 до 1250 т оксида азота (около 50% от всех выбросов предприятия), который в виде кислотных осадков попадает в почву и загрязняет её соединениями азота [8]. Известно, что при сгорании топлива, необходимого для варки стекла, большая часть оксида азота образуется в форме монооксида азота (NO), в дальнейшем, в результате химических реакций, происходящих в атмосферном воздухе, NO превращается в диоксид азота (NO₂) – бурый газ с неприятным запахом, опасный и токсичный, который представляет значительную угрозу человеку и ОС. По мере рассеивания от источника выбросов в атмосферу оксидов азота, всё больше преобладает в воздухе опасный NO₂. Исследования Всемирной организации здравоохранения показывают, что повышенное содержание NO₂ в атмосферном воздухе может приводить к развитию различных нозологий (от заболеваний органов дыхания и сердечно-сосудистой системы до онкологии) [15]. Повышенное содержание нитратов в городских почвах, по сравнению с контролем, может дать основание говорить о загрязнении атмосферы воздуха и риске здоровью населения города.

Концентрация нитратов в образцах варьировала в широких пределах: от 2,8 до 9,8 мг/л. Достоверно установлено, что на всех участках, где были взяты образцы проб, содержание нитратов выше, чем в контрольном образце, не

зависимо от состава и свойств почв, что говорит о наличии и серьёзности проблемы загрязнения города соединениями азота. Анализ анионного состава водных вытяжек почв г. Гороховца также свидетельствует о повышенном содержании сульфат-ионов (участки №№ 3, 4, 9) в сравнении с контролем (участок № 1), что может быть связано с выбросами сернистого ангидрида в атмосферу воздуха стеклотарным заводом «Русджам». Таким образом, наличие в почве повышенного, по сравнению с контролем, содержания сульфат- и нитрат-ионов на указанных территориях говорит о присутствии техногенного загрязнения атмосферного воздуха соединениями серы и азота, что может представлять опасность для здоровья жителей города.

Заключение

Основным стационарным источником загрязнения воздушного бассейна г. Гороховец является стеклотарное производство, газообразные выбросы в атмосферу которого содержат вредные для здоровья оксиды азота. Выявленные статистически достоверные коэффициенты корреляции между динамикой выбросов в атмосферу ЗВ от стационарных источников и показателями ряда классов болезней, а также превышение в городской почве, по сравнению с контролем, содержания нитратов, позволяет предположить вероятную зависимость развития патологических процессов у населения от поступающих в атмосферу оксидов азота.

Решением проблемы сокращения вредных выбросов стеклотарного производства могут

стать инновационные изменения в технологии варки стекла и конструкции печей, использование новых устройств для сжигания органического топлива, осуществление перехода на варку с использованием электроэнергии, что практически ликвидирует поступление в атмосферу вредных летучих загрязнителей.

References

1. Ceretti E. Results from the European Union MAPEC_LIFE cohort study on air pollution and chromosomal damage in children: are public health policies sufficiently protective? // *Environmental Sciences Europe*. 2020. V. 32 (1). Article No. 74. doi: 10.1186/s12302-020-00352-3
2. Trifonova T.A., Podolets A.A., Selivanov O.G., Martsev A.A. Assessment of soil contamination in the recreational areas of the city by the industrial compounds of heavy metals and arsenic // *Theoretical and Applied Ecology*. 2018. No. 2. P. 94–101 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1
3. Tang D., Wang C., Nie J., Chen R., Niu Q., Kan H., Chen B., Perera F., CDC T. Health benefits of improving air quality in Taiyuan, China // *Environ Int*. 2014. V. 25 (73). P. 235–242. doi: 10.1016/j.envint.2014.07.016
4. Azhari A., Latif M.T., Mohamed A.F. Road traffic as an air pollutant contributor within an industrial park environment // *Atmospheric Pollution Research*. 2018. V. 9 (4). P. 680–687. doi: 10.1016/j.apr.2018.01.007
5. Martsev A., Selivanov O. Ecological and hygienic assessment of environment in the town with glass packaging production // *E3S Web of Conferences*. 2019. V. 135. Article No. 01044. doi: 10.1051/e3sconf/201913501044
6. Wei Y., Gu J., Wang H., Yao T., Wu Z. Uncovering the culprits of air pollution: Evidence from China's economic sectors and regional heterogeneities // *Journal of Cleaner Production*. 2018. V. 171. P. 1481–1493. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.246
7. Veremchuk L.V. Influence of air pollution on the formation of levels of the general incidence of bronchopulmonary pathology in Vladivostok // *Zdorov'e. Medicinskaya ehkologiya*. Nauka. 2014. V. 55 (1). P. 4–8 (in Russian).
8. Trifonova T.A., Ishun'kina N.A. Eco-compatibility assessment of container glass production // *Glass and Ceramics*. 2007. V. 64. No. 5-6. P. 214–217. doi: 10.1007/s10717-007-0054-z
9. Trifonova T.A., Martsev A.A. Assessment of the impact of air pollution on the incidence of the population of the Vladimir region // *Gigiena i sanitariya*. 2015. V. 94 (4). P. 14–18 (in Russian).
10. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. *Environmental Geochemistry*. Moskva: Nedra, 1990. 335 p. (in Russian).
11. Vinci G., D'Ascenzo F., Esposito A., Musarra M. 5 - Glass beverages packaging: innovation by sustainable production // *Trends in Beverage Packaging*. 2019. V. 16: the Science of Beverages. P. 105–133. doi: 10.1016/B978-0-12-816683-3.00005-0
12. Ageev A.G., Shojhet Ya.N., Lazarev A.F. The influence of environmental factors on the incidence of lung cancer in the Altai Territory // *Sibirskiy onkologicheskij zhurnal*. 2009. V. 2. P. 13–14 (in Russian).
13. P N M.L., Peter C., Mohan K., Greens S., George S. Energy efficient production of clay bricks using industrial waste // *Heliyon*. 2018. V. 4 (10). Article No. e00891. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00891
14. Silaeva P.Yu., Silaev A.V. Peculiarities of dispersion of emissions of nitrogen dioxide by enterprises of the energy complex and their impact on the population of cities // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ehkologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. V. 26 (1). P. 63–72 (in Russian).