

DOI: 10.32686/1812-5220-2018-15-5-26-37  
УДК 621.039.58:504.054

# Анализ рисков для здоровья населения Обнинска от воздействия выбросов вредных веществ в атмосферу

ISSN 1812-5220  
© Проблемы анализа риска, 2018

**А. А. Аракелян,**  
**М. В. Ведерникова,**  
**А. А. Киселёв,**  
**С. В. Панченко,**  
**С. В. Стрижова,**

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН), г. Москва

**В. А. Чухарев,**  
ООО «НЛМК-Калуга»

## Аннотация

В представленной статье отражены результаты анализа экологической обстановки в г. Обнинске, сформированной в результате текущей и предшествующей деятельности промышленных предприятий, в том числе относящихся к атомной отрасли. В ходе исследования проведены сбор, анализ и систематизация данных федеральных, региональных, ведомственных и объектовых систем мониторинга за выбросами и состоянием природных сред в части загрязнения их техногенными продуктами, обладающими радиационными и токсическими свойствами воздействия на здоровье человека.

Особое внимание уделено загрязнению атмосферного воздуха в силу существенного вклада ингаляционной составляющей в поступление вредных веществ в организм человека. Содержание загрязняющих примесей в воздушной среде на территории города определялось по результатам мониторинга и расчетом приземных концентраций. Также проведен анализ качества поверхностных вод и почвенного покрова. Выполнена сравнительная оценка радиационных и химических рисков для населения г. Обнинска. На основе полученных значений потенциальных рисков определены ведущие факторы в формировании техногенной нагрузки на население.

Проведенные оценки и анализ рисков техногенного происхождения могут применяться при ранжировании факторов возможного воздействия на здоровье населения. Также результаты исследований экологической обстановки методами моделирования могут быть полезны для совершенствования существующей системы мониторинга в целях обеспечения экологической безопасности изучаемого региона.

**Ключевые слова:** радиационный риск, токсический риск, сравнительный анализ, город Обнинск, АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», ООО «НЛМК-Калуга», загрязнение окружающей среды, взвешенные частицы, ранжирование факторов воздействия на здоровье населения.

# Analysis of health risks of the population of the city of Obninsk from the effects of harmful substances emissions into the atmosphere

**A. A. Arakelyan,**  
**M. V. Vedernikova,**  
**A. A. Kiselev,**  
**S. V. Panchenko,**  
**S. V. Strizhova,**  
Nuclear Safety Institute of  
Russian Academy of Sciences,  
Moscow

**V. A. Chuharev,**  
"NLMK-Kaluga" LLC

## Annotation

The article shows the results of the analysis of the environmental situation in the city of Obninsk, formed as a result of the current and previous activities of industrial enterprises, including the nuclear ones. In the course of the research, the data on federal, regional and object monitoring systems for emissions and the state of the natural environments in terms of their contamination with technogenic products with radiation and toxic effects on human health was collected, analyzed and systematized.

Particular attention is paid to air pollution due to the significant contribution of the inhalation component to the entry of harmful substances into the human body. The content of pollutants in the air in the city was identified by monitoring results and the distribution calculation of surface concentrations. The quality of surface water and soil was also analyzed. A comparative assessment of radiation and chemical risks for the population of Obninsk was carried out. Based on the obtained values of potential risks, the leading factors in the formation of the technogenic burden on the population were identified.

The conducted assessment and the analysis of risks of anthropogenic origin can be used in ranking the factors of possible impact on public health. Also, the results of environmental studies using math simulation can be useful for enhancement the existing monitoring system in order to ensure the environmental safety of the studied region.

**Keywords:** radiological risk, toxic risk, comparative analysis, the city of Obninsk, SSC RF-FEI, NLMK-Kaluga, environmental pollution, particulates, ranking of factors affecting public health.

## Содержание

Введение

1. Анализ химического загрязнения селитебной зоны Обнинска
2. Анализ радиационной обстановки
3. Оценка и анализ рисков для здоровья населения

Заключение

Литература

## Введение

Анализ современных данных мониторинга вкупе с использованием моделей рассеяния примесей и методов геостатистики позволяет провести оценки техногенных рисков, что, в свою очередь, дает возможность определения приоритетных направлений в области охраны здоровья населения, а также позволяет оптимизировать федеральные, региональные и ведомственные системы наблюдения за состоянием природных сред.

Разработанная в ИБРАЭ РАН модель оценки радиационного риска, в основу которой положена адаптированная методика НКДАР ООН для хронического облучения, подтвердила свою эффективность при выполнении сравнительных оценок рисков для здоровья населения от техногенных и радиационных источников в разных городах и регионах России. Риски от различных токсических веществ рассчитываются на основе международных и отечественных рекомендаций [1—3].

В работе рассмотрены стационарные источники выбросов вредных веществ (основные промышленные комплексы) г. Обнинска, ООО «НЛМК-Калуга», расположенного в 10 км, выбросы транспорта, а также проведен анализ их влияния на здоровье населения города.

## 1. Анализ химического загрязнения селитебной зоны Обнинска

Первый в России наукоград, г. Обнинск, расположен на севере Калужской области (около 100 км на юго-запад от г. Москвы по Киевскому шоссе) и сегодня является вторым по численности городом в области (после г. Калуги), несмотря на только полувековую историю. Отличительной особенностью г. Обнинска является тот факт, что на его территории размещено 10 научных институтов разного профиля: физического, метеорологического, химического, медицинского, сейсмологического и сельскохозяйственного.

В 2015 г. в городе было идентифицировано 14 стационарных источников, которые определяют основные выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу (с общим объемом около 650 т/год). На рис. 1 представлен вклад основных загрязняющих веществ. По данным [4] наибольший объем выбросов ЗВ за рассматриваемый период произ-

водили следующие три предприятия: МП «Теплоснабжение», АО «ГНЦ РФ — ФЭИ», ФГУП «ОНПП «Технология».

Вклад автомобильного транспорта в общее загрязнение воздуха городской среды можно считать определяющим — объем выбросов от автомобильного транспорта около 7800 т/год [5], в 12 раз больше, чем от стационарных источников. Транспортные средства (через Обнинск проходит также железная дорога федерального значения) оказывают наибольшее влияние на атмосферный воздух, являются мощными источниками оксида углерода, углеводородов (этана, метана, этилена, бензола, ацетилен и др.), а также оксидов азота, сажи и других токсичных веществ. При этом данные наблюдений позволяют констатировать, что воздух в городе сравнительно чистый (ИЗА = 2,8, низкий).

Среди населения исторически сложилось представление, что работа металлургических заводов сопровождается наибольшими выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, что в свою очередь приводит к формированию неблагоприятной экологической ситуации в районах их расположения. В 2013 г. примерно в 10 км от г. Обнинска на территории промышленного узла «Индустриальный парк «Ворсино» был построен электрометаллургический завод ООО «НЛМК-Калуга», что вызвало определенное беспокойство у жителей г. Обнинска. Производственные мощности по выпуску стали

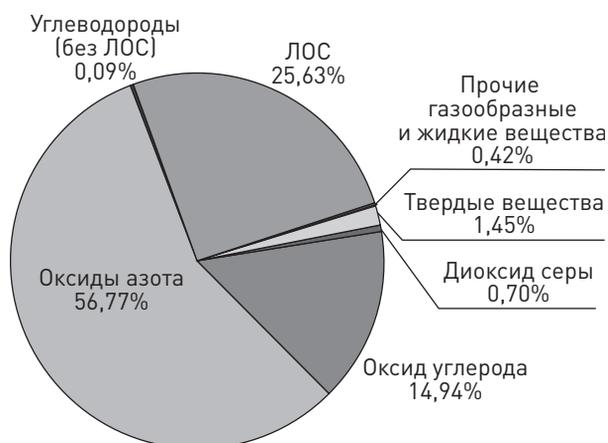


Рис. 1. Основные загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух г. Обнинска от стационарных источников за период 2013—2015 гг.

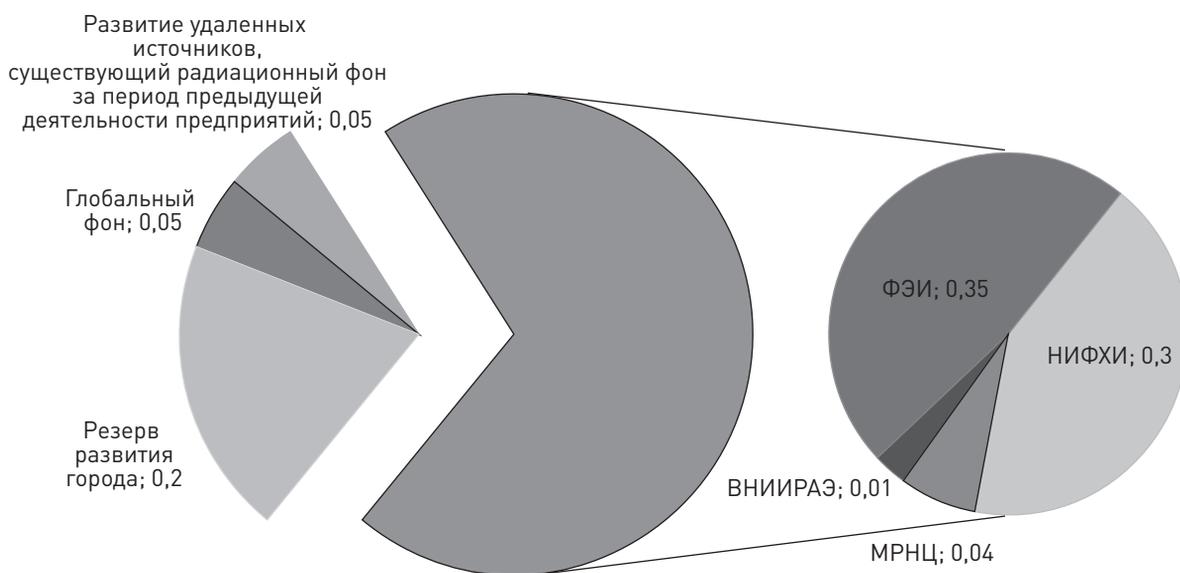


Рис. 2. Распределение действующих квот от предела дозы облучения населения по всем путям облучения населения г. Обнинска, мЗв [7]

и сортового проката этого предприятия составляют 1,5 млн тонн стали и 0,9 млн тонн проката в год<sup>1</sup>, что делает завод одним из крупнейших промышленных предприятий Центрального региона России. Предприятие обладает уникальным оборудованием в России по очистке атмосферных выбросов, на официальном сайте завода представлена информация, что до 99% выбросов улавливают очистными системами.

## 2. Анализ радиационной обстановки

В отношении радиоактивных выбросов: в настоящее время на территории Калужской области, по данным ФГБУ «НПО «Тайфун», находится 130 объектов, использующих в своей деятельности источники ионизирующего излучения (промышленные и медицинские). В г. Обнинске размещено 2 предприятия Госкорпорации «Росатом»: АО «ГНЦ РФ — ФЭИ» и АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова», которые осуществляют ежегодные выбросы и сбросы загрязняющих веществ и радионуклидов. При этом суммарные объемы выбросов этих предприятий не приводят к превышению выделенных квот

от предела годовой дозы облучения населения техногенными источниками — 1 мЗв (рис. 2). Ежегодно на официальных сайтах этих организаций публикуются отчеты по охране окружающей среды, в которых представлены объемы выбросов и сбросов.

Отметим, что АО «ГНЦ РФ — ФЭИ» не производит в настоящее время сброс радионуклидов, нормативы допустимого сброса для предприятия в последние годы не устанавливались. На АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» для отстаивания вод, содержащих радионуклиды (<sup>137</sup>Cs), используются пруды-отстойники, сброс вод из них в поверхностные водные объекты также не осуществляется [8].

С другой стороны, нельзя игнорировать факт загрязнения подземных вод, которое происходило в ходе эксплуатации пунктов хранения радиоактивных отходов АО «ГНЦ РФ — ФЭИ», как ликвидированных в 2015 г. в рамках федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года», так и эксплуатируемых до сих пор. Последние являлись источником загрязнения подземных вод, в том числе тритием. Так, еще в 1995 г. при обследовании подземных источников левого берега р. Протвы сотрудники НПО «Тайфун» Росгидромета выявили

<sup>1</sup> <http://kaluga.nlmk.com/ru/about/>

повышенное содержание трития во всех выходах грунтовых вод на территории санитарной зоны водозаборов (максимальные концентрации — 46,9 кБк/л). Измерения концентрации трития в воде девяти родников и в водоисточниках Обнинска, проведенные в 2005 г., выявили максимальное значение активности трития — 37 кБк/л (родник близ АО «ГНЦ РФ — ФЭИ»), которое в пять раз выше УВ. В других родниках активность трития составила 1—24 Бк/л, для водопроводной воды в среднем — 67 Бк/л (в 35 раз выше среднего уровня для пресных водоемов ЕТР, который составляет 1,9 Бк/л) [9, 10]. В начале 2000-х гг. в некоторых водозаборах стали наблюдаться тенденции появления трития в воде [2]. В 2009 г. была выявлена стабилизация его активности в подземных водах водозабора Центральный на уровне около 425 Бк/л. В работе [10] отмечалось, что риск возникновения стохастических эффектов облучения в результате потребления разными группами населения г. Обнинска тритийсодержащей воды из системы централизованного водоснабжения, родников и других источников был оценен на уровне  $2,09 \cdot 10^{-7}$ .

Мониторинг радиационной обстановки в г. Обнинске и его окрестностях осуществляется ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета. Наблюдения проводятся как на стационарных постах (основные на площадке высотной метеорологической мачты — ВММ-310), так и при периодических маршрутных обследованиях. Объектами наблюдений являются воздушная среда, поверхностные водоемы, подземные воды, питьевая вода, осадки, почва, снег, растительность. По данным наблюдений за 2013—2015 гг. средние значения МЭД не превышают 0,10—0,12 мкЗв/ч, для сравнения средний радиационный естественный фон на территории Российской Федерации колеблется в интервале 0,09—0,16 мкЗв/ч [11].

### 3. Оценка и анализ рисков для здоровья населения

В данной работе под термином «риск» понимаются негативные последствия для здоровья и жизни населения, обусловленные воздействием токсических веществ или техногенного облучения, проявляющиеся в виде увеличения смертности от онкологических заболеваний и/или сокращения жизни.

Рассмотрим загрязнение атмосферного воздуха диоксидом азота. Выбор загрязнителя обусловлен, в первую очередь, тем обстоятельством, что его доля составляет 57% от валовых выбросов стационарных источников и в отличие от остальных ЗВ по  $\text{NO}_2$  имеются широко представленные данные по выбросам этого вещества различными предприятиями города наряду с наличием данных городского мониторинга по концентрациям этого вещества в приземном слое атмосферы.

Выбросы  $\text{NO}_2$  всеми стационарными предприятиями г. Обнинска составляли в рассматриваемый период, в среднем, около 400 т/год и были в основном обусловлены предприятиями теплоэнергетики. Выбросы диоксида азота предприятием ООО «НЛМК-Калуга» составляют 227 т/год. Отдаленность от границ Обнинска и учет метеорологических особенностей местности показывают, что влияние завода на величину среднегодовой концентрации данной примеси существенно меньше, чем от источников более слабых, но расположенных в городской черте. Расчет приземных концентраций  $\text{NO}_2$  в воздухе от всех основных стационарных источников представлен на рис. 3.

Уровень среднесуточной предельно допустимой концентрации ( $\text{ПДК}_{\text{с.с.}} = 40 \text{ мкг/м}^3$ ) от выбросов диоксида азота не достигается ни в одной части города [1]. Наибольшие расчетные среднегодовые концентрации составляют не более 5% от  $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ .

Вся территория г. Обнинска (а также жилые зоны практически всех близлежащих к г. Обнинску и к ООО «НЛМК-Калуга» населенных пунктов) лежит в пределах изолиний с уровнем от 0,2  $\text{мкг/м}^3$  до 1  $\text{мкг/м}^3$ , что более чем в 40 раз ниже нормативной величины.

Расчет возможного ущерба здоровью проводился в соответствии с рекомендациями ВОЗ с учетом пороговых уровней концентраций химических веществ [12]. Согласно этим рекомендациям, если оцениваемая концентрация ЗВ в воздухе находится ниже порогового уровня, при расчетах дополнительного числа случаев неблагоприятного воздействия, приводящего к сокращению продолжительности жизни, величина риска полагается равной нулю. За пороговые значения концентраций токсических веществ на исследуемой селитебной территории принимаются следующие референтные уров-

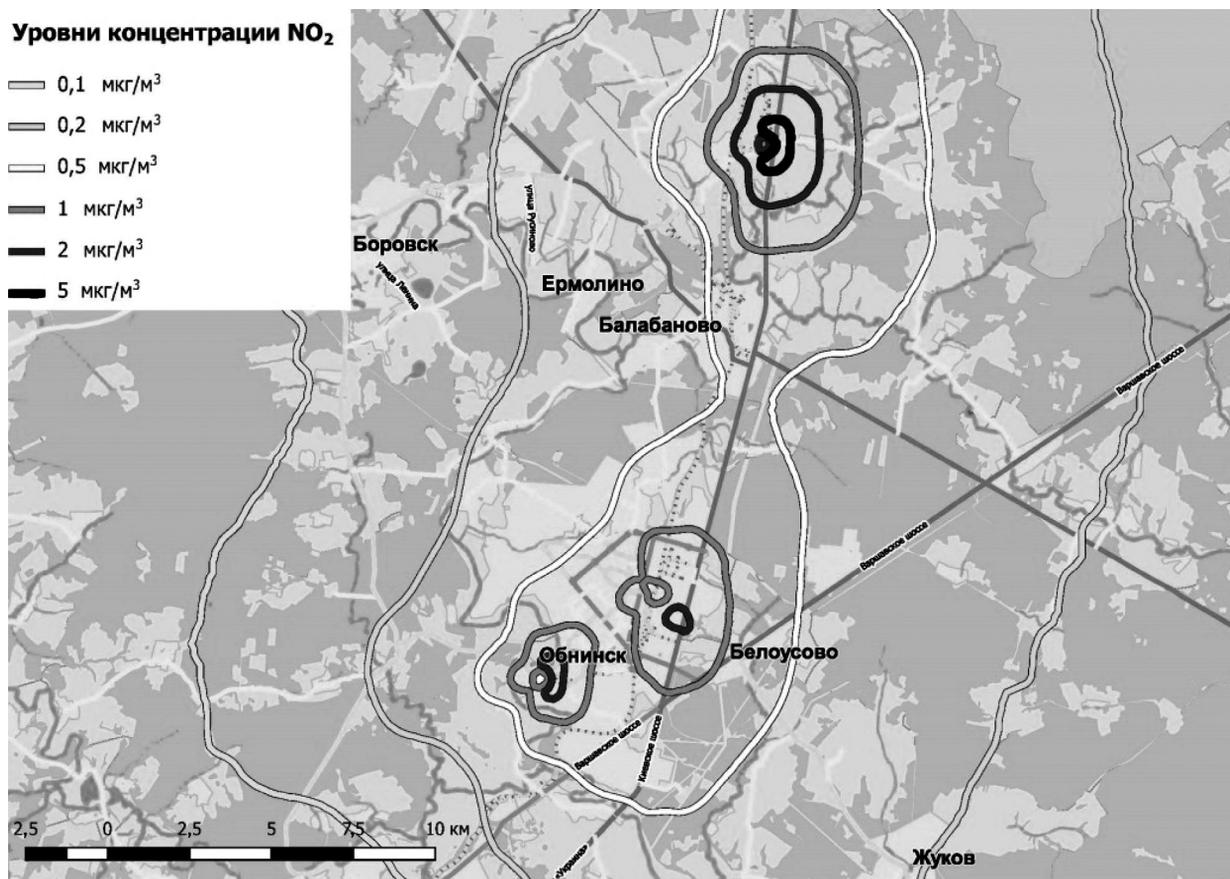


Рис. 3. Оценки уровней концентрации диоксида азота, обусловленных выбросами предприятий г. Обнинска, а также ООО «НЛМК-Калуга»

ни: азота диоксид — 40 мкг/м<sup>3</sup>, серы диоксид — 20 мкг/м<sup>3</sup>, углерода оксид — 1000 мкг/м<sup>3</sup> [12]. Таким образом, оценка токсических рисков от выбросов диоксида азота дает нулевые значения.

Однако не исключено, что при наличии более обширных данных по выбросам NO<sub>2</sub> от остальных источников (прежде всего транспортных средств) в г. Обнинске полученные моделированием поля приземных концентраций будут представлять интерес с точки зрения прогнозирования количественного ущерба для здоровья населения. Данное предположение может подтверждать и тот факт, что среднегодовое значение содержания диоксида азота в приземном воздухе составляет 38 мкг/м<sup>3</sup>, а максимальное отмеченное значение в жилой зоне — 320 мкг/м<sup>3</sup> [2, 13]. С большой вероятностью наблюдение кратковременных повышенных концентраций

NO<sub>2</sub> связано с выбросами транспортных средств. Как уже отмечалось, эти выбросы в несколько раз выше [2], чем от стационарных источников, кроме того, условия рассеяния гораздо хуже, что может способствовать локальным повышенным концентрациям в районах выброса (железнодорожная магистраль, улицы с большим потоком автомобилей и особенно места остановок автотранспорта).

Полученные путем моделирования атмосферных выбросов стационарных источников исследуемого района уровни концентрации диоксида серы и оксида углерода также находятся ниже пороговых уровней. При этом полученные величины приземных концентраций согласуются с результатами мониторинга с учетом неопределенностей измерений. Наблюдаемые максимальные значения концентрации данных веществ в приземном слое атмосферы (так же, как

и в случае  $\text{NO}_2$ ) не превышают пороговых уровней, что делает нерациональным в рамках принятых допущений давать количественную оценку токсических рисков от диоксида серы и оксида углерода.

Для оценки стохастических эффектов от выбросов ряда веществ, обладающих свойствами канцерогенности, традиционно используется беспороговая концепция, в рамках которой сколь угодно малые уровни загрязнения создают потенциальный риск [14]. Такой подход имеет общие черты с методологией прогнозирования радиационного риска [15]. Результаты расчетов показали, что усредненный по городской территории индивидуальный риск от ингаляционного поступления бенз(а)пирена составляет  $6,7 \cdot 10^{-10}$ , формальдегида —  $2,9 \cdot 10^{-9}$ .

Учитывая значимость оценки влияния на здоровье взвешенных веществ, в исследовании в отдель-

ную группу были объединены все твердые и жидкие аэрозоли, которые реально задерживаются на фильтрах при натуральных измерениях в атмосферном воздухе и по своей сути должны быть отнесены к  $\text{PM}_{10}$  или к  $\text{PM}_{2,5}$ . В результате такого подхода, учитывающего степень опасности неканцерогенных эффектов, определены наиболее приоритетные по влиянию на здоровье населения соединения. К ним относятся неорганическая пыль с содержанием  $\text{SiO}_2$  20—70%, сажа, а также оксиды металлов: железа, магния, кальция, алюминия и марганца. Перечисленные вещества формируют до 95% вклада в суммарную эмиссию всех соединений, отнесенных к взвешенным веществам.

Вклад выбросов ряда предприятий отражают построенные на основе моделирования воздушных потоков ориентировочные изоконцентрации

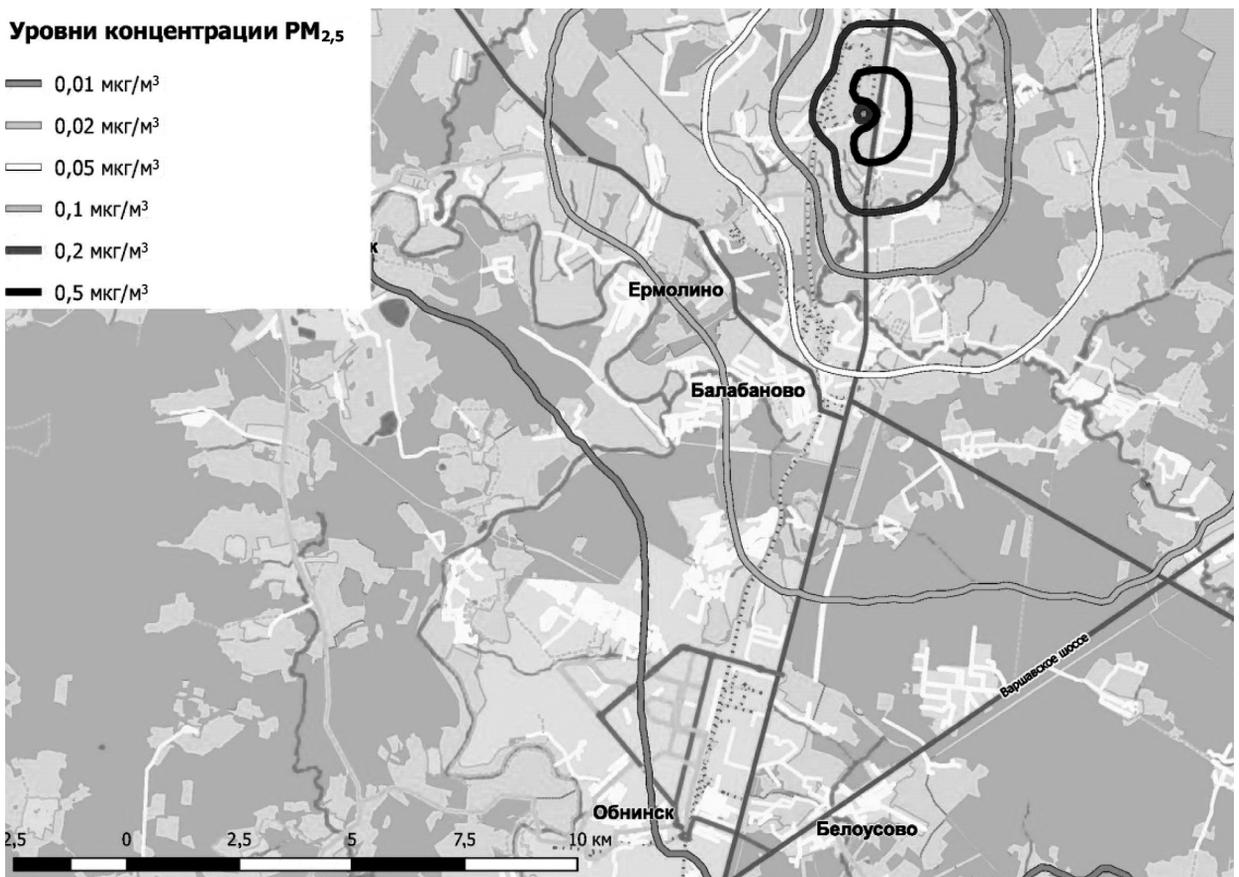


Рис. 4. Расчетное поле концентраций взвешенных частиц  $\text{PM}_{2,5}$  от стационарных источников на территории г. Обнинска и прилегающей окрестности

взвешенных частиц мелкой дисперсности (рис. 4). Городскими службами в воздухе селитебной зоны проводится контроль содержания именно этой фракции, которая, как полагают, в большей степени способствует развитию неблагоприятных воздействий на здоровье населения.

Как видно из рис. 4, весь городской округ Обнинск расположен в зоне загрязнения мелкодисперсными частицами на уровне, не превышающем  $0,02 \text{ мкг/м}^3$ , что в 500 раз ниже референтного уровня ( $RfC = 10 \text{ мкг/м}^3$ ), установленного ВОЗ. Кроме того, ближайшие к металлургическому заводу населенные пункты также находятся в зоне с приемлемым уровнем загрязнения, который существенно ниже референтного. Считается, что концентрации взвешенных частиц в воздухе ниже  $10 \text{ мкг/м}^3$  не приводят к возникновению ущерба для здоровья населения [12].

Поскольку на сегодняшний день существование порога для взвешенных веществ не доказано [16], проведение формализованных оценок рисков от загрязнения  $PM_{2,5}$  представляется необходимым, что обычно и делается надзорными органами. Проведены подобные расчеты и в рамках настоящего исследования для целей сравнения со столь же малыми эффектами от выбросов радиоактивных веществ (рис. 5).

Из рис. 5 видно, что в селитебной зоне г. Обнинска годовые риски от выбросов взвешенных частиц определяются главным образом за счет выбросов ООО «НЛМК-Калуга». При этом величины не превышают уровень в  $3,3 \cdot 10^{-7}$ , что примерно в 3 раза меньше нижней границы приемлемого риска, в качестве которой в рекомендациях ВОЗ принят риск  $10^{-6}$ . Однако важно отметить, что пожизненный риск от реальной (наблюдаемой в городе посредством

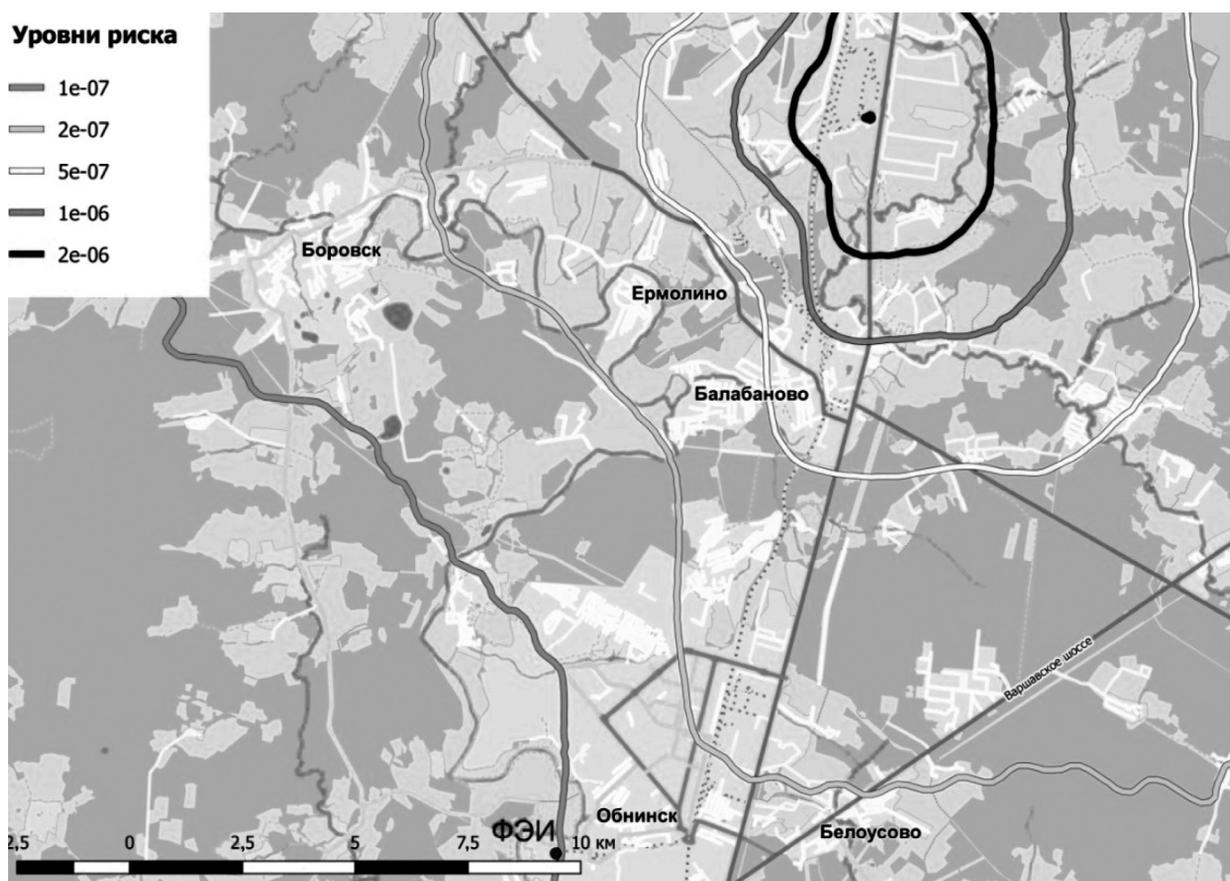


Рис. 5. Распределение рисков, обусловленных выбросами в атмосферу взвешенных частиц от стационарных источников на территории г. Обнинска и окрестностей

**Ранжирование факторов негативного воздействия на здоровье населения г. Обнинска по величине риска от стационарных источников выбросов**

Таблица

Вещества	Пожизненные риски от стационарных техногенных источников	
PM <sub>2,5</sub>	1,4e-07	90,4
<sup>131</sup> I	1,4e-09	0,9
<sup>41</sup> Ar	5,0e-09	3,1
<sup>3</sup> H	4,5e-09	2,8
Формальдегид	2,8e-09	1,8
Бенз(а)пирен	6,7e-10	0,4
<sup>132</sup> I	6,6e-10	0,4
<sup>135</sup> Xe	1,4e-10	0,09
<sup>133</sup> I	8,8e-11	0,06
<sup>85m</sup> Kr	4,5e-11	0,03
<sup>133</sup> Xe	2,5e-11	0,02
<sup>137</sup> Cs	3,1e-12	0,003
Сумма техногенных ингредиентов	1,55e-07	100%

мониторинга) среднегодовой концентрации взвешенных частиц в Обнинске (в среднем содержание PM<sub>2,5</sub> в воздухе селитебной зоны составляет 13 мкг/м<sup>3</sup>) составляет примерно  $1,0 \cdot 10^{-4}$ , т.е. примерно в 300 раз выше, чем от выбросов всех стационарных источников, что обусловлено влиянием транспорта.

Таким образом, можно заключить, что оценка величины существующих техногенно обусловленных пожизненных рисков от выбросов стационарных источников для населения г. Обнинска и ближайших к металлургическому заводу населенных пунктов примерно на порядок величины ниже нижней границы социально приемлемого риска. Вклад выбросов стационарных источников г. Обнинска и ООО «НЛМК-Калуга» в загрязнение атмосферы селитебной зоны удовлетворяет санитарно-гигиеническим нормативам.

Анализ структуры рисков, формируемых различными радиоактивными и химическими веществами, присутствующими в атмосфере г. Обнинска за счет деятельности крупных предприятий, позволяет выстроить следующий рейтинговый ряд (см. таблицу, рис. 6).

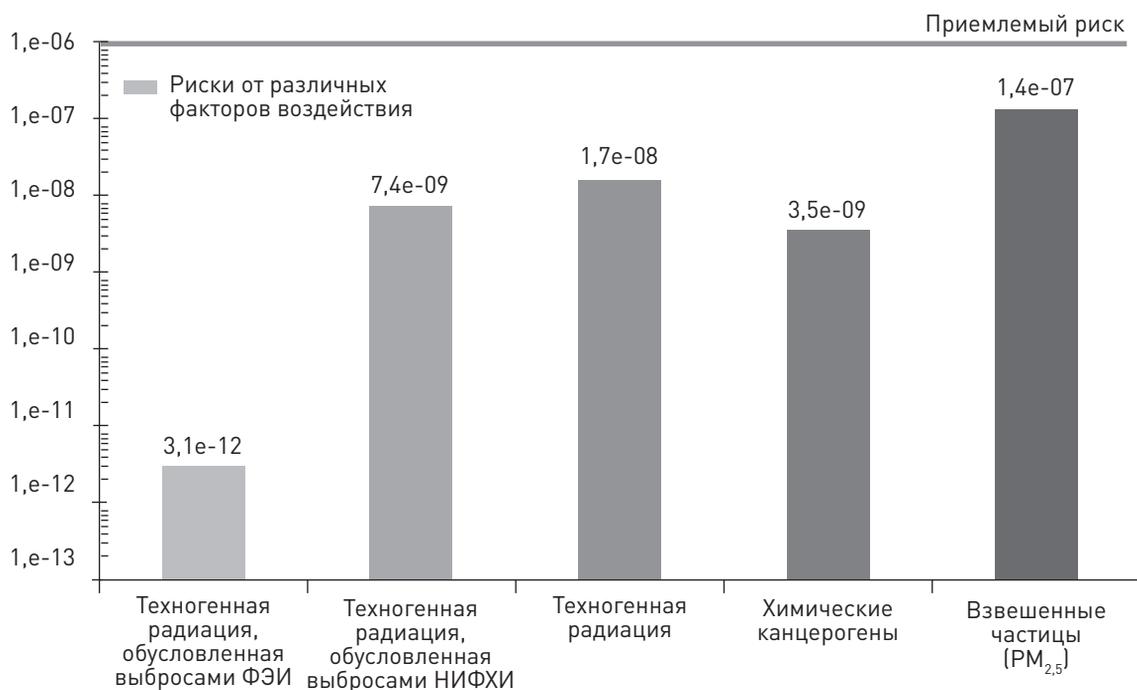


Рис. 6. Сравнение рисков воздействия техногенных факторов различной природы (от выбросов стационарных источников) на здоровье жителей г. Обнинска

## Заключение

Проведенная работа по сбору и анализу данных по мониторингу загрязнения природных сред в г. Обнинске и его окрестностях потенциально опасными химическими и радиоактивными веществами позволила выявить основные источники техногенного загрязнения. Полученные данные позволяют сделать вывод, что в целом техногенная нагрузка от стационарных источников загрязнения, размещенных в г. Обнинске, не создает дополнительные пожизненные риски и находится примерно на порядок ниже величины нижней границы социально приемлемого риска.

Приоритетными загрязнителями воздушной среды являются транспортные средства. На втором месте по значимости вклада в экологическую обстановку находятся предприятия теплоэнергоснабжения. Среди вредных веществ, дающих наибольший вклад в формирование рисков для здоровья населения, ведущее место занимают взвешенные частицы.

Из предприятий, находящихся за пределами городской черты, наиболее значимый вклад дает расположенный в Боровском районе ООО «НЛМК-Калуга». Однако вклад выбросов металлургического завода в техногенную нагрузку для населения г. Обнинска ниже, чем от местных предприятий и транспорта, а уровень потенциального риска ниже нижней границы социально приемлемого риска как для Обнинска, так и для ближайших к ООО «НЛМК-Калуга» населенных пунктов.

## Литература [References]

1. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. ГН 2.1.6.1338-03, утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 21 мая 2003 г. (с изменениями на 12 января 2015 г.). [The maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas]. GN 2.1.6.1338-03: approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on May 21, 2003 (with changes as of January 12, 2015).]
2. Сравнительная оценка радиационных и токсических рисков в районах расположения АО УЭХК, АО ГНЦ РФ ФЭИ, АО АЭХК: отчет (3-й этап) ИБРАЭ РАН: М., 2016. 107 с. Инв. № 4639-К-ГК-3/14/2016-3. [Comparative assessment of radiation and toxic risks in the areas of location of JSC UEKhK, JSC SSC RF IPPE, JSC AECC: report (stage 3) IBRAE RAS]. Inv. N 4639-K-GK-3/14/2016-3. Moscow, 2016. 107 p.]
3. Панченко С.В., Аракелян А.А., Ведерникова М.В., Поцяпун Н.П., Каргин О.А., Сикора О.Н., Степанова У.Г. Сравнительная оценка радиационных и токсических рисков в г. Ангарске // Радиация и риск. 2017. Т. 26. № 2. С. 83—96. [Panchenko S.V., Arakelyan A.A., Vedernikova M.V., Potsyapun N.P., Kargin O.A., Sikora O.N., Stepanova U.G. Comparative assessment of radiation and chemical risks in the city of Angarsk. Radiation and Risk, 2017. Vol. 26. No. 2, P. 83—96.]
4. Доклад «О состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды на территории Калужской области в 2015 году». Ежегодник. Правительство Калужской области. Калуга, 2016. 280 с. [Report. On the state of natural resources and environmental protection in the Kaluga region in 2015. Yearbook. Kaluga, 2016. 280 p.]
5. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Росприроднадзор [Электронный ресурс] / Режим доступа: [rpn.gov.ru](http://rpn.gov.ru). Свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. [The Federal Service for Supervision of Natural Resources use. Rosprirodnadzor. Available at: <http://rpn.gov.ru/> (accessed 10 October 2018).]
6. Отчет по экологической безопасности [Текст]: АО ГНЦ РФ «Физико-энергетический институт им А.И. Лейпунского. Отчет за 2015 год. Обнинск, 2016. 29 с. [Report on environmental safety for 2015. Obninsk: JSC SSC RF Physics and Energy Institute im. A.I. Leipunsky, 2016. 29 p.]
7. Проект санитарно-защитной зоны для предприятия ФГУП «ГНЦ РФ — ФЭИ» по адресу: 249033, Калужская область, г. Обнинск, площадь Бондаренко, дом 1. [Текст]: ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ» дсп. 2014. Обнинск, 2014. 146 с. [The project of the sanitary protection zone for the enterprise Federal State Unitary Enterprise “State Research Institute of the Russian Federation - IPPE” at the address: 249033, Kaluga Region, Obninsk, Bondarenko Square, 1. FGUP GNTs RF-FEI, 2014. 146 p.]
8. Отчет по экологической безопасности [Текст]: Филиал АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им Л.Я. Карпова. Отчет за 2015 год. Обнинск, 2016. 29 с. [Environmental Safety Report [Text]: Fi-Scientific and Research Institute of Physical Chemistry L. Y. Karpov Institute of Commerce. Report for 2015. Obninsk, 2016. 29 p.]

9. Исследования водных ресурсов в Обнинске. Российское атомное сообщество [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2009/11/20/6214>. Свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. [Water research in Obninsk. Russian nuclear community. Available at: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2009/11/20/6214> (accessed 10 October 2018).]
10. Автореферат диссертации Латыновой Н.Е. по теме «Загрязнение компонентов наземных экосистем  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в результате нарушения многобарьерной защиты хранилищ радиоактивных отходов» на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Специальность: 03.00.01 — Радиобиология. Обнинск, 2009. [Latynova N.E. Contamination of terrestrial ecosystems  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{226}\text{Ra}$  as a result of violation of the multi-barrier protection of radioactive waste storage facilities. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata biologicheskikh nauk. Spetsial'nost': 03.00.01, Radiobiologiya. Obninsk, 2009.]
11. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2015 году. Ежегодник. Обнинск, 2016. 344 с. [Radiation situation in the territory of Russia and neighboring countries in 2015: yearbook]. Obninsk, 2016. 344 p.]
12. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы. ВОЗ, Женева, Швейцария, 2005. 27 с. [WHO air quality recommendations for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide]. Zheneva: VOZ, 2005. 27 p.]
13. Мониторинг состояния атмосферного воздуха. Официальный информационный портал Администрации МО город Обнинск [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.admobninsk.ru/obninsk/jkh/ecology/monitoring/>. Свободный. Загл. с экрана. Яз. рус. [Atmospheric air monitoring. Available at: <http://www.admobninsk.ru/obninsk/jkh/ecology/monitoring/> (accessed 10 October 2018).]
14. Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Рахманина Ю.А., Онищенко Г.Г. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 408 с. [Basics of risk assessment for public health when exposed to chemicals that pollute the environment]. Pod red. Rakhmanina Yu.A., Onishchenko G.G. Moscow: NII ECh i GOS, 2002. 408 p.]
15. ICRP 1991. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Ann. ICRP 21 (1—3). 1991.
16. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр государственного эпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с. [Guidelines for assessing the risk to public health when exposed to chemicals that pollute the environment]. Moscow: Federal center of state sanitary and epidemiological supervision of the Ministry of Health of Russia, 2004. 143 p.]

## Сведения об авторах

**Аракелян Арам Айкович:** младший научный сотрудник Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)

Количество публикаций: 13

Область научных интересов: радиационная безопасность, оценка и анализ техногенных рисков, радиоэкология

*Контактная информация:*

Адрес: 115191, г. Москва, ул. Б. Тульская, д. 52

Тел.: +7 (495) 276-20-00, доб. 62-16

E-mail: Arakelyan@ibrae.ac.ru

**Ведерникова Марина Владимировна:** кандидат технических наук, научный сотрудник Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)

Количество публикаций: более 30

Область научных интересов: радиоактивные отходы, ядерное наследие, нормативно-правовое регулирование

*Контактная информация:*

Адрес: 115191, г. Москва, ул. Б. Тульская, д. 52

Тел.: +7 (495) 955-23-29

E-mail: vmv@ibrae.ac.ru

**Киселёв Алексей Аркадьевич:** кандидат технических наук, научный сотрудник Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)

Количество публикаций: 30

Область научных интересов: математическое моделирование, атмосферный перенос, расчетные оценки доз облучения

*Контактная информация:*

Адрес: 115191, г. Москва, ул. Б. Тульская, д. 52

Тел.: +7 (495) 276-20-00, доб. 4-56

E-mail: aak@ibrae.ac.ru

**Панченко Сергей Владимирович:** заведующий лабораторией радиоэкологии Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)

Количество публикаций: 90

Область научных интересов: радиоэкология, ядерная и радиационная безопасность, физика ядерных реакторов

*Контактная информация:*

Адрес: 115191, г. Москва, ул. Б. Тульская, д. 52

Тел.: +7 (495) 955-23-21

E-mail: panch@ibrae.ac.ru

**Стрижова Софья Валерьевна:** кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН)

Количество публикаций: 16

Область научных интересов: оценка и анализ техногенных рисков, экономическая эффективность в атомной отрасли

*Контактная информация:*

Адрес: 115191, г. Москва, ул. Б. Тульская, д. 52

Тел.: +7 (495) 276-20-00, доб. 4-40

E-mail: sonva@ibrae.ac.ru

**Чухарев Владимир Александрович:** начальник отдела промышленной экологии ООО «НЛМК-Калуга»

Количество публикаций: нет

Область научных интересов: промышленная экология

*Контактная информация:*

Адрес: 249020, Калужская обл., Боровский р-н, с. Ворсино, ул. Лыскина, вл. 6, стр. 1

Тел.: +7 (48438) 2-98-98

E-mail: sp-kl-info@nlmk.com