ПРАКТИКА ОЦЕНКИ РИСКА

УДК 614.7 (1-21)

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ МОНОГОРОДОВ

В.М. Боев[1], М.В. Боев[1], Л.М. Тулина[2], А.А. Неплохов[2]

[1] Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургская государственная медицинская академия», Россия, 460000, г. Оренбург, ул. Советская, 6,
[2] Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области», Россия, г. Оренбург, 460000, ул. Кирова, 48

Проведена комплексная сравнительная оценка количественных закономерностей вклада антропогенных факторов среды обитания и показателей индивидуального и популяционного канцерогенного и неканцерогенного риска, подтверждающая влияние на детское население приоритетных антропогенных факторов в моногородах с градообразующими промышленными предприятиями.

Ключевые слова: моногород, индивидуальный и популяционный канцерогенный риск, антропогенные факторы, детское население.

Современные негативные тенденции в изменении показателей здоровья населения России определяются комплексом факторов среды обитания человека в связи с изменением социально-экономических и медико-экологических условий проживания [5, 6, 7]. Особенно эти изменения характерны для малых городов с градообразующими промышленными предприятиями [3]. Почти 40 % от общего количества городов России составляют малые города, к которым согласно Градостроительному кодексу (2004 г.) относятся населенные пункты с численностью от 20 до 50 тыс. жителей, и каждый пятый житель страны проживает в них. В Оренбургской области 42,6 % населения проживают на сельских территориях (в России в селах проживают 27 % от общей численности населения), а из урбанизированных территорий малые города составляют 58 %.

Учитывая многообразие критериев оценки состояния здоровья и качество среды обитания, алгоритм исследований включал комплексный дифференцированный анализ качества среды обитания на основе идентификации ксенобиотиков в атмосфере, воде и почве по результатам собственных натурных исследований и базы данных социально-гигиенического мониторинга с оценкой неканцерогенного и канцерогенного риска для здоровья детского населения [4, 8].

© Боев В.М., Боев М.В., Тулина Л.М., Неплохов А.А., 2013

Боев Виктор Михайлович (Оренбург, Россия) – доктор медицинских наук, профессор, ректор ГБОУ ВПО «Оренбургская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития РФ (e-mail: orgma@esoo.ru, тел.: 8 (3532) 77-61-03).

Боев Михаил Викторович (Оренбург, Россия) – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и коммунальной гигиены ГБОУ ВПО «Оренбургская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития РФ (e-mail: boevm@inbox.ru, тел.: 8 (3532) 77-71-26, тел. сот.: 8 903 366 8119).

Тулина Лариса Михайловна (Оренбург, Россия) – кандидат медицинских наук, заведующая отделом социально-гигиенического мониторинга и оценки риска ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» (e-mail: fguz2005@mail.ru, тел.: 8 (3532) 77-28-77).

Неплохов Андрей Александрович (Оренбург, Россия) – кандидат медицинских наук, заведующий отделением оценки риска ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» (e-mail: fguz2005@mail.ru, тел.: 8 (3532) 77-90-62).

Негативное влияние ксенобиотиков прослеживается во всех природных средах, ибо основная масса этих агентов выпадает на поверхности земли, вымывается из атмосферы осадками, накапливается в аккумулирующих средах. Расшифровать региональные «цепи причин», определяющие патологию конкретного населения, и найти те звенья, на которые легче воздействовать, и тем самым устранить неблагоприятное действие факторов риска возможно только при наличии объективной связи между уровнем воздействия факторов среды обитания и состоянием здоровья человека. При этом важно рассматривать происходящие негативные изменения в среде обитания с позиций комплексного анализа антропогенных факторов среды обитания с применением системного анализа на основе многолетних данных социально-гигиенического мониторинга.

Основными загрязнителями атмосферного воздуха изучаемых территорий являются: в Гае: ОАО «Гайский горно-обогатительный комбинат» (ГГОК), ОАО «Гайский завод по обработке цветных металлов „Сплав“»; в Кувандыке: ОАО «Южно-Уральский криолитовый завод», машиностроительное ПО «Долина»; в Медногорске: ОАО «Медногорский медно-серный комбинат» (ММСК); в Новотроицке: ОАО «Урал Сталь», ОАО «Новотроицкий цементный завод», ОАО «Новотроицкий завод силикатных стеновых материалов», ОАО «Новотроицкий завод хромовых соединений».

Были установлены статистически значимые различия в уровнях загрязнения атмосферного воздуха между городами (табл. 1). Выявлено превышение допустимого уровня содержания в атмосферном воздухе: взвешенных веществ в Новотроицке в 2,2 раза, в Гае в 1,7 раза; диоксида азота в Медногорске и Кувандыке в 1,8 раза, в Новотроицке в 1,3 раза, диоксида серы в Медногорске в 2,9 раза. Суммарный показатель загрязнения атмосферного воздуха в Новотроицке был выше, чем в Медногорске в 1,28, в Кувандыке в 1,74, в Гае в 2,7 раза.

Аддитивное действие по группам суммации превышало допустимый уровень практически во всех городах, в том числе:

– диоксид серы + диоксид азота в Медногорске в 4,6 раза, в Кувандыке в 2,6 раза, в Новотроицке в 2,3 раза, в Гае в 1,2 раза;

– диоксид серы + сероводород в Медногорске в 3,2 раза, в Новотроицке в 1,2 раза.

Таблица 1

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в промышленных городах в 2005–2010 гг. (в долях ПДК)

Показатель	Новотроицк	Медногорск	Кувандык	Гай
Диоксид серы	0,82±0,30	2,53±0,35*	0,63±0,17	0,13±0,02*
Диоксид азота	1,37±0,06	1,68±0,07*	1,76±0,10*	1,06±0,01
Взвешенные вещества	1,99±0,21	1,05±0,07*	1,15±0,06	1,72±0,15
Оксид углерода	0,51±0,07	0,41±0,03	0,47±0,04	0,40±0,09
Сероводород	0,27±0,03	0,31±0,03*	0,27±0,03	0,20±0,03
$K_{сум}$	**4,94**	**3,86**	**2,84**	**1,83**
Диоксид серы + Диоксид азота	2,18±0,30	4,2±0,38*	2,39±0,13	1,19±0,09
Диоксид серы + Сероводород	1,08±0,31	2,84±0,37*	0,9±0,17	0,33±0,02

Примечание: * достоверность различий в сравнении с показателем средним по области (p<0,05).

При сравнении уровней загрязнения в отдельных городах со среднеобластным уровнем установлено, что в Новотроицке содержание диоксида серы в 2,5 раза больше (p<0,001); диоксида азота больше в Кувандыке 1,3 раза (p<0,01) и в Медногорске в 1,2 раза (p<0,001).

Несмотря на то, что сероводород по городам области не превышал допустимый уровень, его содержание в городах Медно-

горске относительно среднеобластных показателей было выше в 1,2 (p<0,01). Суммарный показатель загрязнения атмосферы ($K_{сум}$) селитебных территорий в среднем для моногородов составлял 3,4.

В соответствии с задачами исследования проведен анализ содержания железа, нитратов, аммиака, сульфатов, хлоридов, фтора, бора, марганца, мышьяка, свинца, хрома, меди, молибдена, селена, цинка, алюминия, уровня общей жесткости и минерализации, рассчитан суммарный показатель $К_{вода}$ в питьевой воде селитебных территорий малых городов области с градообразующими предприятиями цветной и черной металлургии (Новотроицк, Медногорск, Кувандык и Гай). По результатам социально-гигиенического мониторинга за период с 2005 по 2010 г. было доказано, что для изученных моногородов характерно высокое содержание железа, хрома, марганца, мышьяка, бора, свинца, повышенное содержание алюминия, селена (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика санитарно-гигиенических показателей питьевой воды на урбанизированных территориях моногородов за период с 2005 по 2010 г. (M±m)

Показатель, мг/л	Город
Медь	0,04±0,007
Железо	0,22±0,07*
Хром	0,007±0,001
Цинк	0,039±0,008*
Марганец	0,06±0,008*
Бор	0,13±0,014*
Фтор	0,19±0,02*
Свинец	0,005±0,001
Селен	0,00026±0,00008
Алюминий	0,02±0,001
Мышьяк	0,004±0,0006*
Молибден	0,0039±0,0007*
Аммиак	0,10±0,02*
Сульфаты	151,4±11,3
Нитраты	12,4±1,1
Хлориды	145,5±8,2
Минерализация	661,5±25,8
Жесткость, мг*экв/л	6,4±0,35
Суммарный показатель ($K_{вода}$)	**5,7**

Примечание: *p<0,05.

Таким образом, качественная характеристика питьевой воды на территориях малых городов в основном не выявила превышений гигиенических нормативов. Вместе с тем анализ по суммарному показателю $K_{вода}$ выявил более высокий уровень содержания химических компонентов в питьевой воде города Новотроицка и самый низкий показатель был установлен в городе Гае (табл. 3).

Таблица 3

Суммарный показатель качества питьевой воды ($K_{вода}$)

Город	$K_{вода}$
Гай	3,7
Новотроицк	4,7
Медногорск	4,4
Кувандык	4,2

Оценка антропогенной нагрузки в изучаемых городах в динамике 2005–2010 гг. свидетельствует о том, что по показателям антропогенного воздействия на атмосферу и гидросферу максимальная нагрузка приходилась на территорию города Новотроицка, далее городов Медногорск, Гай и Кувандык.

Почва как неотъемлемая часть среды обитания является важнейшим фактором в комплексном антропогенном воздействии на формирование здоровья населения. Установлено, что загрязнение почв металлами носит локальный характер и наиболее сильно выражено вблизи стационарных источников загрязнения [1, 2]. В соответствии с задачами исследования количественная характеристика загрязнения почвы изучаемых селитебных территорий моногородов проведена с определением средних значений концентрации химических веществ, содержащихся в почве, и по суммарному показателю ($K_{почвы}$), рассчитанному по валовым и подвижным формам металлов.

Валовые формы элементов, находясь в составе химических соединений и органической части почвы, малоподвижны. Известно, что наиболее достоверную информацию о загрязнении окружающей среды несут подвижные формы элементов. В со-

ответствии с задачами исследования проведен сравнительный анализ содержания изучаемых элементов в почве селитебных территорий малых городов области с градообразующими предприятиями цветной и черной металлургии (Новотроицк, Медногорск, Кувандык и Гай). Анализ загрязнения территорий моногородов показал, что самый высокий уровень загрязнения зафиксирован по подвижной форме никеля (в 1,4 раза) (табл. 4), но тем не менее все остальные исследуемые показатели не превышали ПДК (ОДК)

Таблица 4

Сравнительная характеристика металлов в почве селитебных территорий моногородов

Металлы		Концентрация ($M \pm m$), мг/кг	Отношение к ПДК (ОДК)
Подвижная форма	Никель	5,6±1,9	1,4
	Медь	2,2±1,03	0,7
	Цинк	10,64±1,18	0,5
	Свинец	1,5±0,2	0,2
	Марганец	47,62±6,2	0,3
	Кобальт	1,6±0,2	0,3
	Хром	0,9±0,09	0,1
	$K_{почвы}$ по подвижным формам		3,64

Характерно, что наиболее высокий суммарный показатель определяется в г. Медногорске, превышая среднеобластной показатель ($K_{почва}$– 4,9) более чем в 2 раза (табл. 5).

Таблица 5

Суммарный показатель загрязнения почвы селитебных территорий моногородов ($K_{почвы}$)

Город	Суммарный показатель загрязнения почвы ($K_{почвы}$)
Медногорск	11,8
Кувандык	5,7
Новотроицк	4,5
Гай	3,0
Область	**4,9**

Представленный выше анализ загрязнения селитебных территорий моногородов позволил установить суммарную нагрузку, определяемую констелляцией загрязнения воздуха, почвы, воды и совокупностью путей поступления веществ в организм.

Как видно из табл. 6, абсолютная величина суммарной антропогенной нагрузки в малых городах определялась загрязнением атмосферы (24,5 %), питьевой воды (30,5 %) и почвы (55 %).

Таблица 6

Суммарные показатели загрязнения объектов среды обитания моногородов

Город	Атмосфера	Вода	Почва, подвижная форма	*K* комплексный показатель
Гай	1,83	3,7	3,0	8,5
Новотроицк	4,94	4,7	4,5	14,1
Медногорск	3,86	4,4	11,8	20,1
Кувандык	2,84	4,2	5,7	12,7
$K_{город}$	**3,4**	**4,25**	**6,25**	**13,9**

Вместе с тем принимая во внимание различное число пофакторных оценок для различных сред, представлялось важным рассчитать нивелированный показатель – гигиенический ранг, который учитывает количество факторов, включенных в суммарный показатель загрязнения той или иной среды. При допустимом уровне воздействия величина показателя должна быть ≤ 1.

Анализ городских территорий показал, что наибольшие гигиенические ранги по содержанию химических элементов установлены для всех факторов среды обитания. Интегральный показатель во всех средах превышал допустимый уровень.

Оценка многокомпонентного риска здоровью детского населения проведена по средним показателям изучаемых моногородов. Было установленно что на территории моногородов с учетом рассчитанных коэффициентов опасности (индекс – *HQ*) и суммарных индексов (*HI*) наибольший вклад в риск развития неканцерогенных эффектов вносят медь (*HQ* = 6,6), серная кислота (*HQ* = 3,4), диоксид азота (*HQ* = 1,54), диоксид серы (*HQ* = 1,49), сумма взвешенных веществ (*HQ* = 2,9).

При оценке риска развития неканцерогенных эффектов на определенные органы и системы, которые в большинстве случаев

являются мишенями для загрязнителей, рассчитали суммарные индексы опасности (табл. 7). Установлено что на территории моногородов суммарный неканцерогенный риск для здоровья детского населения от атмосферных загрязнителей во много раз превышает таковой для загрязнителей, содержащихся в питьевой воде. При оценке риска неканцерогенных эффектов на отдельные органы выявлено, что наибольший риск от воздействия химических веществ на органы дыхания на городской территории составляли серная кислота (очень высокий риск), сероводород, диоксид серы, диоксид азота, взвешенные вещества (средний уровень риска).

Таблица 7

Суммарные индексы опасности для критических органов и систем организма

Суммарный индекс неканцерогенной опасности (*HI*)	Моногорода	
	воздух	вода
Органы дыхания	14,54	–
Кровь	0,20	0,02
ЦНС	0,39	0,01
Иммунная система	0,20	0,003
ССС	0,51	0,02
Репродуктивная система	–	–
Почки	0,42	0,001
Гормональная система	–	–
Системные поражения	6,6	
Суммарный HI	22,86	0,054

Как следует из представленных в табл. 8 данных, суммарный канцерогенный индивидуальный риск в течение всей жизни в моногородах достигает уровня 10–3 и расценивается как высокий. Полученные результаты позволяют заключить, что наиболее неблагоприятным в отношении риска развития неканцерогенных эффектов с учетом рассчитанных индексов опасности является территория моногорода, где суммарный индекс опасности от поллютантов в атмосферном воздухе составляет до 22,86. Суммарный канцерогенный индивидуальный риск в течение всей жизни для детского населения моногорода достигает 1,09*10–3 и расценивается как высокий.

Таблица 8

Суммарный индивидуальный (*ICR*) и популяционный (*PCR*) канцерогенный риск для детского населения

Канцерогены	Моногорода	
	ICR	PCR
Никель	2,76E-06	0,015
Свинец	2,7E-06	0,015
Кадмий	1,09E-05	0,06
Хром (6)	7,6E-05	0,4
Бенз(а)пирен	1,0E-03	5,39
$CR_{сум}$	1,09E-03	5,9

Полученные результаты позволяют заключить, что наиболее неблагоприятным в отношении риска развития неканцерогенных и канцерогенных эффектов являются территории моногородов.

Список литературы

1. Боев В.М., Воляник М.Н. Антропогенное загрязнение окружающей среды и состояние здоровья населения Восточного Оренбуржья. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1995. – 127 с.

2. Боев В.М., Куксанов В.Ф., Быстрых В.В. Химические канцерогены среды обитания и злокачественные новообразования. – М.: Медицина, 2002. – 344 с.

3. Экология человека на урбанизированных и сельских территориях / В.М. Боев, Н.Н. Верещагин, М.А. Скачкова, В.В. Быстрых, М.В. Скачков. – Оренбург, 2003. – 392 с.

4. Зайцева Н.В., Пушкарева М.В., Гимерверт Д.А. Состояние здоровья и анализ взаимосвязей в системе «среда – здоровье населения» на экологически неблагополучных территориях // Экологическая безопасность городов Урала: тез. докл. регион. науч.-техн. конф. – Пермь, 1994. – С. 35–38.

5. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин, С.Л. Авалиани, К.А. Буштуева. – М., 2002. – 407 с.

6. Прохоров Б.Б. Социальная экология: учебник для студ. вузов. – М.: Академия, 2005. – 416 с.

7. Прохоров Б.Б. Экология человека. Понятийно-терминологический словарь. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 364 с.

8. Р.2.1.10.1920–04. Руководства по оценке риска [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gost-help.ru/text/R2110192004Rukovodstvopoo.html.

References

1. Boev V.M., Voljanik M.N. Antropogennoe zagrjaznenie okruzhajushhej sredy i sostojanie zdorov'ja naselenija Vostochnogo Orenburzh'ja [Anthropogenic environmental pollution and human health in the east of the Orenburg Region]. Ekaterinburg, 1995. 127 p.

2. Boev V.M., Kuksanov V.F., Bystryh V.V. Himicheskie kancerogeny sredy obitanija i zlokachestvennye novoobrazovanija [Environmental chemical carcinogens and malignant neoplasms]. Moscow: Medicina, 2002. 344 p.

3. Boev V.M., Vereshhagin N.N., Skachkova M.A., Bystryh V.V., Skachkov M.V. Jekologija cheloveka na urbanizirovannyh i sel'skih territorijah [Human ecology in urban and rural areas]. Orenburg, 2003. 392 p.

4. Zajceva N.V., Pushkareva M.V., Gimervert D.A. Sostojanie zdorov'ja i analiz vzaimosvjazej v sisteme «sreda – zdorov'e naselenija» na jekologicheski neblagopoluchnyh territorijah [Human health and the analysis of relationships in the "environment – human health" system in environmentally unfavorable areas]. *Tezisy doklada regional'noj nauchno-tehnicheskoj konferencii «Jekologicheskaja bezopasnost' gorodov Urala»*. Perm', 1994, pp. 35–38.

5. Onishhenko G.G., Novikov S.M., Rahmanin Ju.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy ocenki riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdejstvii himicheskih veshhestv, zagrjaznjajushhih okruzhajushhuju sredu [The foundations of human health risk assessment of exposure to environmental pollutants]. Moscow, 2002. 407 p.

6. Prohorov B.B. Social'naja jekologija: uchebnik dlja stud. Vuzov [Social ecology: a textbook for students of higher educational institutions]. Moscow: Akademija, 2005. 416 p.

7. Prohorov B.B. Jekologija cheloveka. Ponjatijno-terminologicheskij slovar' [Human ecology. A glossary]. Moscow, 2000. 364 p.

8. R.2.1.10.1920–04. Rukovodstva po ocenke riska [Guidelines for risk assessment R.2.1.10.1920–04], available at: http://www.gosthelp.ru/text/R2110192004Rukovodstvopoo.html.

DETERMINED ECOLOGICAL HUMAN HEALTH RISK FACTORS IN SINGLE FACTORY TOWNS

V.M. Boev[1], M.V. Boev[1], L.M. Tulina[2], A.A. Neplokhov[2]

[1]State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Orenburg State Academy of Medicine", Russian Federation, Orenburg, 6 Sovietskaya st., 460000,
[2] Federal Budgetary Health Care Institution "The Orenburg Region Center for Hygiene and Epidemiology", Russian Federation, Orenburg, 48 Kirova st., 460000

We have undertaken a comprehensive comparative assessment of quantitative relationships between the contribution of environmental anthropogenic factors and the indicators of individual and population carcinogenic and non-carcinogenic risks. This assessment confirms the influence of the major anthropogenic factors on children's health in single factory towns.

Keywords: single factory town, individual and population carcinogenic risk, anthropogenic factors, children.

© Boev V.M., Boev M.V., Tulina L.M., Neplokhov A.A., 2013

Boev Victor Mikhailovich (Orenburg, Russia) – DSc in Medicine, Rector of the State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Orenburg State Academy of Medicine" of the RF Ministry of Public Health and Social Development (e-mail: orgma@esoo.ru, tel.: 8 (3532) 77-61-03).

Boev Mikhail Viktorovich (Orenburg, Russia) – PhD in Medicine, Docent of the Department of General and Public Hygiene, the State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Orenburg State Academy of Medicine" of the RF Ministry of Public Health and Social Development (e-mail: boevm@inbox.ru, tel.: 8 (3532) 77-71-26, mobile: 8 903 366 8119).

Tulina Larisa Mikhailovna (Orenburg, Russia) – PhD in Medicine, Head of the Social and Hygiene Monitoring Department, the Federal Budgetary Health Care Institution "The Orenburg Region Center for Hygiene and Epidemiology" (e-mail: fguz2005@mail.ru, tel.: 8 (3532) 77-28-77).

Neplokhov Andrei Alexandrovich (Orenburg, Russia) – PhD in Medicine, Head of the Risk Assessment Department, the Federal Budgetary Health Care Institution "The Orenburg Region Center for Hygiene and Epidemiology" (e-mail: fguz2005@mail.ru, tel.: 8 (3532) 77-90-62).