

УДК 574.2 (575.2) (04)

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ
И РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ В БИШКЕКЕ И ОШЕ**

А.О. Подрезов – канд. геогр.наук,
И.А. Павлова – канд. геогр.наук,
Д.С. Евстигнеев – студент,
Ю.А. Подрезова – студентка

A range of ecological problems in large cities was studied. The authors have analyzed anthropogenic impact in territory of Bishkek. They discovered that the population of Bishkek and Osh can be submitted to three types of risk for their health. First, it is a cancer risk, because of benz(a)pyrene concentrations, chronic risk – because of suspended particles, and immediate risk from nitrogen dioxide.

Важнейшими объектами кризисных ситуаций, возникающих в результате антропогенной деятельности, являются города и городские агломерации, в которых проживает большая часть населения, сосредоточены основные мощности промышленности, энергетики, значительная часть автомобильного транспорта. Статистически вычислено, что экологически неблагоприятная обстановка наблюдается во всех городах с населением свыше 1 млн. человек, в 60% городов с населением от 500 тыс. до 1 млн. человек и в 25% городов с населением от 250 до 500 тыс. человек. Международная практика свидетельствует: для того чтобы человека окружала необходимая, отвечающая современному уровню среда обитания, необходима плотность населения от 30 до 50 человек на 1 км² [1].

Численность постоянного населения Кыргызстана на 2000 г. по [2] составила 4907,4 тыс. человек (табл. 1). В городах проживает 35% всего населения, или 1 717,6 тыс. человек. Если сравнить среднюю плотность населения

Таблица 1

Территория, население и плотность населения административных единиц Кыргызстана [2]

Административная единица, область	Территория, тыс. км ²	Население, тыс. чел.	Плотность населения, чел. на 1 км ²
Баткенская	17,0	393,1	23,1
Джалал-Абадская	33,7	893,7	26,5
Иссык-Кульская	43,1	417,8	9,7
Нарынская	45,2	254,6	5,6
Ошская	29,2	1211,0	41,5
Таласская	11,4	203,6	17,9
Чуйская	20,4	765,6	37,9
Кыргызстан	199,9	4 907,4	24,5
г. Бишкек	0,1	768,0	7 680

в Кыргызстане (25 чел. на 1 км² общей территории) и в других странах, то создается впечатление о достаточной пространственной возможности. По областям плотность населения будет иметь значительный разброс, наименьшая в Нарынской и Иссык-Кульской об-

ластях (5,6 и 9,7 чел. на 1 км²), наибольшая в Ошской и Чуйской (41,5 и 37,9 чел. на 1 км²). Однако из общей площади республики по природно-климатическим условиям не более 30% пригодны для постоянного проживания и только около 20% территории относится к зоне с комфортными и относительно комфортными условиями, в которых и проживает абсолютное большинство населения. На этой территории средняя плотность населения составляет 123 чел. на 1 км², что значительно больше стандартных норм. В наиболее крупном городе Кыргызстана Бишкеке на 1 км² приходится 7 680 человек, что свидетельствует о резко выраженном экологическом дискомфорте.

Большие города отличаются высокой степенью освоения территории, высокой компактностью проживания жителей, развитым промышленным производством и коммунальным хозяйством. Их развитие затрагивает все компоненты природной среды: атмосферу, гидросферу, растительный и животный мир, почву, рельеф, климат и др. Под влиянием все более увеличивающейся антропогенной нагрузки происходят изменения природной среды, направленные в сторону ухудшения жизненных условий. В результате возникает целый спектр *геоэкологических проблем*, связанных с обеспечением безопасности и защищенности человека от вредных воздействий техногенных и природных экологических факторов.

В работе [3] выявлена зависимость, связывающая коэффициент антропогенного давления на территорию (К) с плотностью проживающего там населения (ПН, чел. на 1 км²)

$$\lg K = -0.07 + 0.90 \lg ПН, \quad (1)$$

По этой формуле в [3] были оценены коэффициенты антропогенного давления на территории крупных промышленных городов России. Чем выше величина антропогенного давления (К), тем больше общее количество выбросов вредных веществ в атмосферу (Q, тыс. т). Эта зависимость описана следующим уравнением:

$$\lg Q = -0.94 + 1.50 \lg K, \quad (2)$$

Коэффициент корреляции между К и Q равен 0,84.

По приведенным формулам нами были рассчитаны К и Q для г. Бишкек (табл. 2) и для сравнения приведены значения К и Q для ряда крупных городов России.

Таблица 2

Коэффициент антропогенного давления на территории и общее количество выбросов вредных веществ в атмосферу г. Бишкек и крупных городов России [3]

Город	К	Выбросы, тыс. т
Бишкек	111	134,4
Москва	342	1738,3
Санкт-Петербург	312	279,2
Волгоград	144	192,2
Ростов-на-Дону	141	146,1
Самара	124	141,1
Пермь	72	93,1

Как видно из табл. 2, в атмосферу г. Бишкек ежегодно выбрасывается в среднем 134 тыс. т загрязняющих веществ, что в 15 раз меньше чем в атмосферу Москвы, но только в 2,5 раза меньше, чем в атмосферу г. Санкт-Петербурга. Коэффициент антропогенного давления на территорию г. Бишкек равен 111. По степени антропогенного давления и выбросам Бишкек имеет примерно одинаковые условия с такими крупными промышленными центрами, как Волгоград, Ростов-на-Дону, Самара.

Режим и степень антропогенного воздействия на природную среду урбанизированных территорий определяется тремя группами факторов [4]. Первая группа связана с регулярным и постоянным антропогенным воздействием, создающим общий пространственно-временной фон характеристик природной среды в больших городах и промышленных зонах. Вторая группа факторов представляет различного рода техногенные аварии и катастрофы, влияние которых накладывает нерегулярные и ограниченные во времени всплески отклонений от общего пространственно-временного фона характеристик природной среды. Третья группа факторов определяется экстремальными гидрометеорологическими условиями, способствующими повыше-

нию общего фона загрязнения на больших территориях.

Спектр геоэкологических проблем больших городов, требующих своевременного решения, достаточно широк. К числу таких проблем можно отнести загрязнение воздушного бассейна выбросами промышленных предприятий и автотранспорта; загрязнение поверхностных и подземных вод за счет сброса загрязняющих веществ и смыва их с урбанизированных территорий; загрязнение почв; накопление производственных и бытовых отходов и их утилизация и др. Своеобразной геоэкологической проблемой является повышение неустойчивости многих характеристик природной среды как под влиянием антропогенной деятельности, так и различных техногенных аварий и возможных катастроф.

Основными источниками загрязнения атмосферы в г. Бишкек до недавнего времени считались топливно-энергетический комплекс, промышленные предприятия, коммунально-бытовой сектор. В последнее время в связи с общим спадом производства и значительным ростом автопарка основным источником загрязнения атмосферы стал автомобильный транспорт (более 80%).

Сложной экологической проблемой является накопление производственных и бытовых отходов. Появление множества малых предприятий и резкое увеличение количества торговых точек в городе привели к нарастанию объемов бытовых и производственных отходов, наличию многочисленных несанкционированных свалок в черте городов, накоплению и сжиганию мусора.

Основными загрязнителями поверхностных и подземных вод до последнего времени считались промышленные и сосредоточенные коммунальные стоки. Вместе с ними сегодня в качестве мощного фактора загрязнения выступают малые предприятия и смыв загрязняющих веществ с поверхности речных бассейнов. На загрязнении вод стало сильно сказываться влияние ухудшения качества уборки городских территорий, несвоевременный вывоз мусора и несанкционированный сброс его на прибрежных территориях.

Кардинальное решение экологических проблем больших городов и промышленных зон лежит в области технологий. Однако технологические мероприятия, направленные на улучшение экологических условий, крайне дороги и не могут обеспечить решение экологических проблем в полном объеме. В стремлении улучшить экологическую обстановку больших городов и промышленных зон часто принимаются недостаточно обоснованные, во многом конъюнктурные, решения и осуществляются соответствующие им технологические мероприятия. Недостаточно обоснованные технологические мероприятия могут улучшить экологическую обстановку в одном районе и резко ухудшить её в другом. Одной из главных причин низкой эффективности многих технологических мероприятий по предотвращению ухудшения или по улучшению качества окружающей среды в городах и промышленных зонах является недостаточное геоэкологическое обоснование и недостаточная научная проработка причинно-следственных связей, лежащих в основе перечисленных экологических проблем. Качество геоэкологического обоснования и выбор приоритетного направления технологических мероприятий по улучшению экологической обстановки определяется изученностью факторов формирования городской среды и наличием достоверных данных о ее состоянии и прогнозом её возможных изменений под влиянием тех или иных хозяйственных мероприятий [3].

Стержнем концепции экологической безопасности в мире признана теория экологического риска. Экологическую опасность можно уменьшить, но нельзя устранить полностью. В этой связи возникает задача определения риска для человека и окружающей среды, включая уровень приемлемого риска.

В работе [1] были рассчитаны риски в 34 крупных городах России по трем приоритетным вредным примесям (бенз(а)пирен, взвешенные вещества, диоксид азота) в атмосферном воздухе. Эти вещества при ингаляционном воздействии вызывают различные токсические (рефлекторные) эффекты. Так, воздействие бенз(а)пирена может привести к онкологическим заболеваниям, NO₂ вызывает

немедленные рефлекторные эффекты, а ингаляционное поступление в организм человека взвешенных веществ (пыли) приводит к хронической интоксикации (табл. 3).

Ингаляционный индивидуальный канцерогенный риск (Risk) в течение всей жизни (вероятность получения ракового заболевания от вдыхания бенз(а)пирена) рассчитывается по следующей формуле:

$$Risk = \frac{C_{сг} \cdot SF \cdot 20}{70}, \quad (3)$$

где $C_{сг}$ – среднегодовая концентрация канцерогенов, которая предполагается постоянно воздействующей в течение всей жизни индивидуума ($\text{мкг}/\text{м}^3$); SF – фактор потенциала канцерогенного эффекта при ингаляционном пути поступления, который измеряется как величина, обратная суточной дозе на единицу веса ($\text{мг}/\text{кг}/\text{сутки}$)⁻¹; 20 $\text{м}^3/\text{сутки}$ – средний суточный объем дыхания человека; 70 кг – сред-

няя масса тела взрослого человека. Для бенз(а)пирена SF = 6,11.

Для веществ второго класса опасности, к которому относится NO₂, расчет риска проявления немедленных токсических эффектов проводится по следующей формуле:

$$Probit = -2,35 + 3,73 \lg(C/PДК_{м.р.}), \quad (4)$$

где C – максимально разовая концентрация ($\text{мкг}/\text{м}^3$). Для перевода величин Probit в риски используется таблица нормального вероятностного распределения [5].

Расчет риска хронической интоксикации часто строится на линейно-экспоненциальной модели, которая для взвешенных веществ (пыли), относящихся к третьему классу опасности, приводится к виду ($PДК_{с.с.} = 150 \text{ мкг}/\text{м}^3$, $K_3 = 4,5$, $b = 1$):

$$Risk = 1 - \exp\{\ln(0,84)[C/PДК_{с.с.}/K_3]^b\} = 1 - \exp(-0,0002583 \cdot C), \quad (5)$$

где C – среднегодовая концентрация взвешенных веществ (пыли), $\text{мг}/\text{м}^3$.

Таблица 3

Описание и уровни приемлемого риска по [1]

Вид риска	Приемлемое значение
Максимальный риск немедленного действия (расчет по NO ₂) выражается в вероятности ощущения населением неприятных запахов или развития иных рефлекторных реакций (слезотечение, кашель), дискомфортных состояний, головной боли и пр., что создает основной поток жалоб от населения	0,02–0,05 (допускается, что от 20 до 50 человек из каждой тысячи, подвергнутой экспозицией максимальных уровней загрязнения, могут проявить рефлекторные реакции, так как в этом случае для большей части населения эти явления маловероятны)
Хронический (неканцерогенный) риск (расчет по пыли) выражается в вероятности развития симптомов хронической интоксикации на протяжении определенного времени, что количественно связывают с ростом общей заболеваемости без проявления каких-либо “специфических” форм заболеваний	0,02 (или 20 дополнительных случаев на 1000 человек) что соответствует интервалу допустимой статистической ошибки
Канцерогенный риск (расчет по бенз(а)пирену) показывает вероятность появления дополнительных случаев заболеваний раком	0,00001–0,000001 (или от 10 до 1 дополнительных случаев на 1000000 человек)

В связи с изложенным выше, количественные оценки риска здоровью населения крупных городов Кыргызстана – г. Бишкек и г. Ош, которые имеют неблагоприятную экологическую обстановку, представляют большой интерес. Они могут быть сравнены с такими же показателями для городов России [1].

Для г. Бишкек нами были использованы средние концентрации бенз(а)пирена за 1993–1999 гг. (6 лет), взвешенных веществ, NO₂ – с 1983 по 2000 гг. (18 лет), для г. Ош – только средние концентрации взвешенных веществ и NO₂ с 1983 по 1997 гг. (15 лет). Содержание бенз(а)пирена в Оше, к сожалению, не определялось. Средние значения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе этих двух крупных городов Кыргызстана и 34 городов России даны в табл. 4, величины всех рисков для них приведены в табл. 5.

Как видно, для населения г. Бишкек величина индивидуального канцерогенного риска значительно ниже приемлемого уровня и составляет $0,35 \cdot 10^{-6}$, что меньше 1 дополнительного случая на 1млн. человек и значительно меньше, чем в 33 городах России (только в Пензе $Risk=0,37 \cdot 10^{-6}$), где в отдельных городах очень велик риск получения раковых заболеваний, например, в Красноярске ($11,92 \cdot 10^{-6}$), Новокузнецке ($14,37 \cdot 10^{-6}$), Иркутске ($15,22 \cdot 10^{-6}$).

Уровень хронического риска при воздействии пыли в г. Бишкек и г. Ош значительно превышает приемлемый (0,02) и равен 0,149 и 0,148 соответственно, т.е. на каждую 1000 человек у 150 человек могут развиваться симптомы хронической интоксикации. В России этот уровень варьирует от 0,018 (г. Ижевск) до 0,080 (г. Липецк).

Таблица 4

Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе крупных городов Кыргызстана и России, мкг/м³ (бенз(а)пирен – нг/м³)

Город	БП	ВВ	NO ₂	Город	БП	ВВ	NO ₂
<i>Кыргызстан</i>							
Бишкек	0,02	624	55	Ош	–	620	76
<i>Россия (данные взяты из [7])</i>							
Астрахань	0,73	128	45	Омск	1,33	126	28
Барнаул	1,92	218	38	Оренбург	2,06	185	55
Владивосток	2,72	179	88	Пенза	0,21	89	32
Волгоград	1,08	179	45	Пермь	2,27	130	47
Воронеж	1,53	289	46	Ростов-на-Дону	3,23	277	44
Екатеринбург	2,80	112	46	Рязань	0,73	128	55
Ижевск	1,96	69	34	Самара	1,19	184	47
Иркутск	8,72	176	56	Санкт-Петербург	1,33	181	70
Казань	0,78	87	38	Саратов	1,51	102	79
Кемерово	4,61	89	41	Тольятти	0,81	182	44
Краснодар	2,14	252	39	Тула	1,08	119	39
Красноярск	6,83	226	35	Тюмень	2,85	240	27
Липецк	3,12	322	83	Ульяновск	1,93	192	94
Москва	0,84	115	91	Уфа	2,17	104	33
Нижний Новгород	1,13	180	35	Хабаровск	4,89	237	66
Новокузнецк	8,23	223	38	Челябинск	3,93	150	39
Новосибирск	3,57	202	49	Ярославль	1,17	81	17

Таблица 5

Величина рисков здоровью населения крупных городов Кыргызстана и России при ингаляционном воздействии вредных веществ

Город	К, 10 ⁻⁶	Х	Р	Город	К, 10 ⁻⁶	Х	Р
<i>Кыргызстан</i>							
Бишкек	0,35	0,149	0,749	Ош	–	0,148	0,885
<i>Россия (данные взяты из [3])</i>							
Астрахань	1,27	0,033	0,465	Омск	2,32	0,032	0,051
Барнаул	3,35	0,055	0,261	Оренбург	3,60	0,047	0,714
Владивосток	4,75	0,045	0,982	Пенза	0,37	0,023	0,116
Волгоград	1,89	0,045	0,465	Пермь	3,96	0,033	0,521
Воронеж	2,67	0,072	0,493	Ростов-на-Дону	5,64	0,069	0,475
Екатеринбург	4,89	0,029	0,493	Рязань	1,27	0,033	0,714
Ижевск	3,42	0,018	0,159	Самара	2,08	0,046	0,521
Иркутск	15,26	0,044	0,733	Санкт-Петербург	2,32	0,046	0,911
Казань	1,36	0,022	0,261	Саратов	2,64	0,026	0,959
Кемерово	8,05	0,022	0,348	Тольятти	1,41	0,046	0,475
Краснодар	3,74	0,063	0,290	Тула	1,89	0,030	0,290
Красноярск	11,92	0,057	0,182	Тюмень	4,98	0,060	0,040
Липецк	5,45	0,080	0,971	Ульяновск	3,37	0,048	0,989
Москва	1,47	0,029	0,986	Уфа	3,79	0,027	0,136
Нижний Новгород	1,97	0,045	0,182	Хабаровск	8,54	0,059	0,875
Новокузнецк	14,37	0,056	0,261	Челябинск	6,86	0,038	0,290
Новосибирск	6,23	0,051	0,535	Ярославль	2,04	0,021	0,001

Максимальный риск немедленного (рефлекторного) действия при воздействии NO₂ составляет в г. Бишкек 0,749, а г. Ош – 0,885. Эти величины значительно превышают уровень приемлемого риска (0,05), аналогичная ситуация наблюдается в 10 из 33 городов России. Заметим, что полученные результаты расчетов риска для здоровья населения следует рассматривать как ориентировочные по следующим причинам. Во-первых, формула используется для расчета канцерогенного риска в течение всей жизни (70 лет), а нами взяты ограниченные сведения за 15–18 лет. Во-вторых, при оценке рисков рефлекторных эффектов были использованы данные о среднегодовых концентрациях NO₂ вместо максимально разовых концентраций (C_{мр} ≈ 10 · C_{ср}).

Таким образом, в связи с активной антропогенной деятельностью в больших городах

возникает целый спектр геоэкологических проблем, требующих своевременного решения. Чем больше численность населения и выше его материальные потребности, тем больше степень антропогенного давления на территорию, что приводит к развитию антропогенно-экологического риска, порожденного самим человеком, пусть даже не преднамеренного. Полученная в работе количественная оценка риска здоровью населения крупных городов Кыргызстана показала, что его уровень достаточно высок, и качество атмосферного воздуха в столице республике г. Бишкек и даже в гораздо более меньшем по населению г. Ош не соответствует современным представлениям о приемлемом риске для здоровья населения.

Литература

1. Квирквелия И.Н., Красикова Е.В., Липашина Л.И., Михайлова М.В., Фруммин Г.Т. Качество воздуха в крупных городах России и риск здоровью // Вопросы прикладной экологии: Сб. научн. тр. – СПб: Изд-во РГГМУ, 2002. – С. 53–57.
2. Первое национальное сообщение Кыргызской Республики по рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Бишкек, 2003. – 98 с.
3. Гальцова В.В., Гутничко В.Г., Дмитриев В.В., Шелутко В.А, Фруммин Г.Т. Геоэкологические проблемы больших городов и промышленных зон. // Вопросы прикладной экологии: Сб. научн. тр. – СПб: Изд-во РГГМУ, 2002. – С. 6–15.
4. Шелутко В.А Оценка экстремальных уровней загрязнения речной сети урбанизированных территорий // Вопросы прикладной экологии: Сб. научн. тр. – СПб: Изд-во РГГМУ, 2002. – С. 15–23.
5. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Вычислительный центр АН СССР, 1968. – 464 с.
6. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Кыргызстана 2000 г. / Под ред. О.С. Рустембекова, Ж.Э. Беккулова. – Бишкек: Управление экологической стратегии и политики ДЭ и МОС, 2001. – 150 с.
7. Павлова И.А., Подрезов А.О. Опасные метеорологические явления на территории Кыргызстана. Режим циркуляции атмосферы и загрязнение городов Чуйской долины. Ч. 2. – Бишкек, 2003. – 138 с.