

растения в варианте с фузариозной обработкой семян (табл. 5).

Таблица 5
Снижение токсичности меди для горчицы белой при инокуляции семян *Fusarium sp.*

Вариант	Всхожесть, %
1. Контроль (артезианская вода)	98,5±3,0
2. <i>Fusarium sp.</i>	98,5±1,9
3. Медь	7,0±0,4
4. Медь + <i>Fusarium sp.</i>	23,5±4,7

Таким образом, проведенные исследования показывают перспективность использования выделенных штаммов фузариума для создания биосорбентов при очистке жидких сред от ТМ, а также намечают возможное ремедиационное направление – инокуляцию семян высших растений непатогенными штаммами при выращивании растений в загрязненных средах.

Выводы

1. Из почвы и воздуха урбанизированной территории выделены штаммы *F. oxysporum* и *Fusarium sp.*, практически не обладающие фитопатогенной активностью к заражаемым растениям.

2. Доказан высокий уровень сорбционной способности *F. oxysporum* по отношению к свинцу (100%-ное извлечение элемента из раствора) и *Fusarium sp.* по отношению к меди (58,8%) и никелю (36,5%).

3. Сорбционная активность *Fusarium sp.* зависит от возраста культуры: чем моложе популяция микромицета, тем выше уровень извлечения ТМ из растворов.

4. Слабопатогенные штаммы фузариума обладают ростактивирующей способностью при выращивании растений в вегетационных и полевых условиях, а также защитным действием при выращивании растений в среде с ТМ.

Библиографический список

1. Монастырский О.А. Токсикообразующие грибы, паразитирующие на зерне // Агро XXI. – 2001. – № 11. – С. 6-7.

2. Шахназарова В.Ю., Струнникова О.К., Вишневская Н.А. Развитие внесенной популяции *Fusarium culmorum* в почве: особенности развития и лизиса различных структур гриба // Микология и фитопатология. – 2004. – Т. 38. – № 3. – С. 79-88.

3. Domracheva L.I., Shirokikh I.G., Fokina A.I. Anti-*Fusarium* activity of cyanobacteria and actinomycetes in soil and rhizosphere // Microbiology. – 2010. – V. 79. – № 6. – P. 871-876.

4. Терехова В.А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем. – М.: Наука, 2007. – 215 с.

5. Хамидова Х.М., Зухритдинова Н.Ю., Ташнулатов Ж. Ростстимулирующая активность микроорганизмов // Биотехнология: состояние и перспективы развития: матер. Междунар. конгресса. – М., 2007. – С. 342.

6. Dor E., Evidancte A., Amalfitano C., Agrelli D., Hershenhorn J. The influence of growth conditions on biomass, toxins and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras*, a potential agent for broomrape biocontrol // Weed Research. – 2007. – V. 47. – № 4. – P. 345-352.

7. White C., Sayer J., Gadd G. Microbial solubilization and immobilization of toxic metals: key biogeochemical processes for treatment of contamination // Fems Microbiology Reviews. – 1997. – V. 20. – P. 503-516.

8. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. – М.: Медицина для всех, 2005. – 196 с.

9. Jagi A., Usui T., Fujise D., Jamamoto J. Effect of copper sulfate on growth and odor production of several microorganisms // 28 Congress of the Int. Association of Theoretical and Applied Limnology. – Melbourne, 2003. – V. 3. – P. 1425-1428.

10. Широких А.А., Широких И.Г. Накопление тяжелых металлов ксилотрофными базидиальными грибами в городских экосистемах // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44. – Вып. 4. – С. 359-366.



УДК 574.14

Б.Н. Мынбаева

АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ г. АЛМАТЫ

Ключевые слова: экология города, загрязняющие вещества, тяжелые металлы, предельно допустимая концентрация.

Введение

Экологические проблемы крупных городов связаны с чрезмерной концентрацией

населения, транспорта и промышленных предприятий, что приводит к нарушению экологического равновесия природной среды. Алматы – крупнейший город Казахстана, но комплексных исследований его экологического состояния ранее не проводили. Цель данного исследования: установление негативных изменений в экологической ситуации г. Алматы. Задачи исследования: анализ физико-географических и антропогенных факторов природной среды: источников загрязнения (стационарных и подвижных) и загрязнение основных компонентов среды (воздуха, воды рек и почвы) в течение 7 лет (2004-2010 гг.) тяжелыми металлами.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований служили воздух, вода 3 поверхностных рек и почв г. Алматы, с использованием существующей сети пунктов мониторинга ДГП «Центр гидрометеорологического мониторинга» и совместных анализов проб по содержанию тяжелых металлов.

Отбор проб воздуха и их анализ на содержание тяжелых металлов проводили на 2 постах наблюдения за загрязнением воздуха (ПНЗ): ПНЗ 1 – ул. Амангельды, выше пр. Абая (Бостандыкский район); ПНЗ 12 – пр. Райымбека, уг. ул. Наурызбай батыра (Жетысуйский район) за период 2005-2009 гг.

Исследование загрязнения 3 рек (р. Малая Алматинка, ее приток р. Есентай и р. Большая Алматинка) были проведены по 8 гидропостам (ГП) за этот же период: по 3 пунктам отбора проб (ГП 1 – 0,5 км ниже сброса Мехкомбината, ГП 2 – 2,0 км выше города, ГП 3 – 4,0 км ниже г. Алматы) в р. Малая Алматинка; по 2 ГП (ГП 4 – на пересечении с пр. аль-Фараби и ГП 5 – с ул. Рыскулова) в р. Есентай; по 3 ГП (ГП 6 – 9,1 км выше города, ГП 7 – 0,5 км ниже сброса Алматинского хлопчатобумажного комбината (АХБК), ГП 8 – 0,5 км ниже города) в р. Большая Алматинка.

Для изучения загрязнения почв пробы отбирали в 5 точках территории города (т. 1 – АХБК, т. 2 – парковая зона Казахского национального университета КазНУ, т. 3 – филиал Волжского автомобильного завода (ВАЗ), т. 4 – аэропорт, т. 5 – пр. Абая/пр. Сейфуллина).

Измерение содержания тяжелых металлов осуществляли на атомно-адсорбционном спектрометре фирмы «Shumadzu»:

- Pb, Cd, Cu и Zn в атмосферном воздухе – через фильтр «АВХ» пропускали 18 м³ воздуха, затем фильтр сжигали методом «мокрого озонения» в 4 мл HNO₃ и выпаривали до влажных солей, приливали 0,3 мл

H₂O₂ (конц.) и отстаивали 0,5 ч; выпаривали досуха, к сухому остатку приливали 0,2 мл HNO₃, доводили дистиллированной водой до объема 25 мл [1];

- Zn в воде – в пробу 100 мл отфильтрованной воды добавляли 2 мл HNO₃, выпаривали до 5 мл, остужали, переносили в мерную колбу на 100 мл и доливали до метки дистиллированной водой [2];

- Cd, Pb, Cu в воде – в пробу 100 мл отфильтрованной воды добавляли 2 мл HNO₃, выпаривали до 5 мл, переносили в мерную колбу на 100 мл и доливали до метки дистиллированной водой [3];

- Pb, Cd, Cu и Zn в почвенных образцах – подготовку почвенных проб проводили по стандартной методике, валовые формы ТМ определяли после экстракции в 5 М HNO₃, подвижные – экстрагированием ацетатно-аммонийным буфером (рН 4,8) и 1 N раствором HCl [4].

Для сравнительного анализа также были привлечены данные статистических сборников Департамента статистики г. Алматы по источникам загрязнения города и объемов их выбросов в течение 7 лет (2004-2010 гг.) [5]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили в прикладной программе Microsoft Excel.

Результаты исследования и обсуждение

Город Алматы находится у подножия Тянь-Шаня в центре евразийского континента на юго-востоке Республики Казахстан и имеет географические координаты 77° в.д. и 43° с.ш. При общей благоприятности климатических условий предгорная зона города характеризуется исключительно слабыми ресурсами самоочищения атмосферы. Многолетние наблюдения Центра гидрометеорологического мониторинга г. Алматы показали, что повторяемость слабых (до 1 м/с) ветров составляет летом 71%, зимой – 79%. Среднегодовое значение скорости ветра не превышает 1,7 м/с. Основной причиной глубокого безветрия в предгорной зоне является влияние горного хребта, создающего сопротивление перемещению трансконтинентальных воздушных масс с севера. Оптимальная аэрация горным стоком наблюдается только в верхней (южной) части города, в узкой полосе в пределах 20 км от подножий гор [6]. Таким образом, определенные физико-географические и природно-климатические особенности оказывают негативное влияние на экологическое состояние г. Алматы и уменьшают естественную проветриваемость города.

По данным Департамента статистики г. Алматы (2004-2010 гг.) количество предприятий, имеющих выбросы загрязняющих веществ (ЗВ), увеличилось с 1111 до 1395;

объемы выбросов ЗВ – с 90,6 до 127,6 тыс. т (в 1,5 раза); причем, из них 9,2 тыс. т выбрасывается без очистки. Однако, по данным Б.М. Курова (2008) [7], загрязнение от подвижных источников (автотранспорт) в г. Алматы составляет 96% при увеличении количества личного автотранспорта с 383 до 524 тыс. ед. за 5 лет. Из анализа качественного состава выбрасываемых ЗВ также выявлено, что наиболее значительными по объему, прямой и потенциальной опасности явились тяжелые металлы (ТМ). Индекс загрязнения атмосферы в последние годы составил 12-14 ед. [5]. Таким образом, загрязнение воздуха г. Алматы автотранспортом представляет наибольшую опасность.

В воздухе г. Алматы отмечено постоянное присутствие **Cd** (от $0,03 \pm 0,006$ до $0,04 \pm 0,006$ мкг/м^3) и **Cu** (от $1,0 \pm 0,21$ до $1,4 \pm 0,27$ мкг/м^3) без превышения ПДК ($0,3$ мкг/м^3 для **Cd** и 2 мкг/м^3 для **Cu** [8]). Только для **Pb** в 2006-2007 гг. было показано почти 2-кратное превышение значений ПДК зимой (рис. 1).

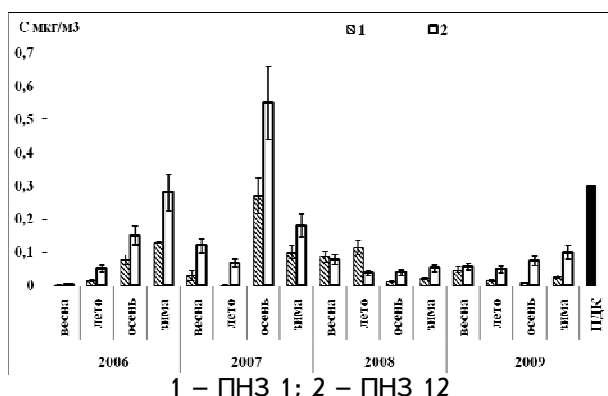
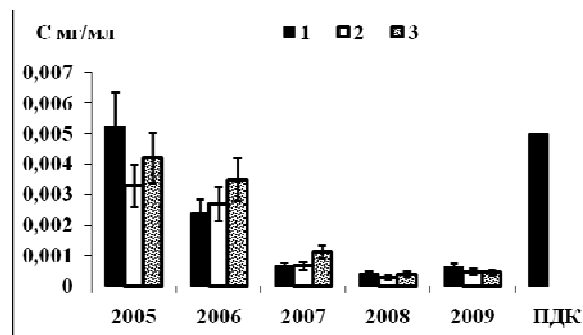


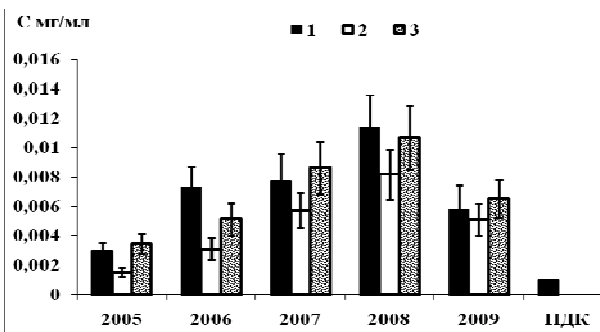
Рис. 1. Изменение содержания Pb в воздухе г. Алматы по годам

Следует отметить большее загрязнение воздуха Pb в нижней части города, чем в верхней. В целом, содержание ТМ в воздухе г. Алматы было выше осенью и зимой, что согласуется с исследованиями загрязнения воздуха российских городов [9-11].

Периодический отбор и анализ проб воды на загрязнение 4 ТМ (Pb, Cd, Cu, Zn) рек Малая Алматинка (М. Алматинка), Есентай и Большая Алматинка (Б. Алматинка) были проведены в 2005-2009 гг. с использованием ПДК, предназначенных для рыбохозяйственных водоемов [12]. По р. М. Алматинка выявленные среднегодовые значения загрязнения Cd оказались намного ниже ПДК, равной 0,005 мг/мл. Незначительное загрязнение Pb отмечено в 2005 г. ниже Мехкомбината (ГП 1), 1,1 ПДК (равной 0,005 мг/мл) (рис. 2а).



а



б

ГП 1 – 0,5 км ниже сброса Мехкомбината;
ГП 2 – 2 км выше города;
ГП 3 – 4 км ниже города

Рис. 2. Изменение содержания Pb (а) и Cu (б) в р. Малая Алматинка

В верхнем течении р. М. Алматинка загрязнение было меньшим, чем в среднем и нижнем. Уровень загрязнения Cu р. М. Алматинка составил от 1,5 до 11,4 ПДК, равной 0,001 мг/мл, на всем ее протяжении, причем максимальные значения загрязнения Cu отмечены в 2008 г. по всем 3 пунктам наблюдений, минимальные – в 2005 г. (рис. 2б). Концентрация Zn в воде р. М. Алматинка была намного меньше ПДК, равной 0,01 мг/мл.

Таким образом, нами установлено высокое загрязнение р. М. Алматинка: превышение ПДК отмечено для Cu и Pb, причем в пределах города и при выходе из города; содержание 2 остальных металлов не превышало ПДК.

Концентрации Cd в р. Есентай были минимальными: ниже ПДК примерно в 25 раз; превышение ПДК Pb и Zn – не отмечено. В пробах воды р. Есентай отмечен высокий уровень загрязнения Cu (рис. 3а): 11,9 ПДК было обнаружено на пересечении реки с ул. Рыскулова в 2008 г. и 9,6 ПДК – на пересечении с пр. аль-Фараби в 2006 г.

Таким образом, р. Есентай была загрязнена ТМ меньше, чем р. М. Алматинка, но аналогично имела значительное загрязнение по Cu, поэтому экологическое состояние реки было отнесено к среднему уровню загрязнения.

Концентрации Cd и Zn в р. Б. Алматинка оказались значительно ниже ПДК; отмечено превышение ПДК Pb в 2005 г. (особенно возле АХБК – 1,9 ПДК). Максимальное превышение ПДК Cu составило 11,7 раз в 2008 г. (рис. 36).

Таким образом, загрязнение всех 3 рек г. Алматы Cu считаем значительным, незначительное превышение ПДК Pb отмечено в пробах воды рек Малая и Большая Алматинки, загрязнение Cd и Zn в реках было минимальным.

Значительные концентрации Cd наблюдались в почвах промышленных и транспортных районов г. Алматы в 2005 и 2009 гг.: филиал ВАЗа и пр. Абая/пр. Сейфуллина (рис. 4а).

Загрязнение Pb почв г. Алматы было максимальным в 2005 г. (рис. 4б) с превышением ПДК Pb (32 мг/кг [13]) на пересечении пр. Абая/пр.Сейфуллина в 6 раз, в районе ВАЗа – в 3,5 раза. В остальные годы превышение ПДК Pb мы отметили также на автоперекрестке, в районах ВАЗа и аэропорта (рис. 4б).

Самое значительное загрязнение почв Cu также отмечено в 2005 г. (рис. 5а) в районах ВАЗа (3,2 ПДК, равной 33 мг/кг), аэропорта (2,4 ПДК), АХБК и пр. Абая/пр. Сейфуллина (1,8-1,9 ПДК); минимальное загрязнение Cu, как и Pb и Cd, обнаружено в почвенных образцах парковой зоны КазНУ. В 2006-2007 гг. максимум отмечен на автоперекрестке.

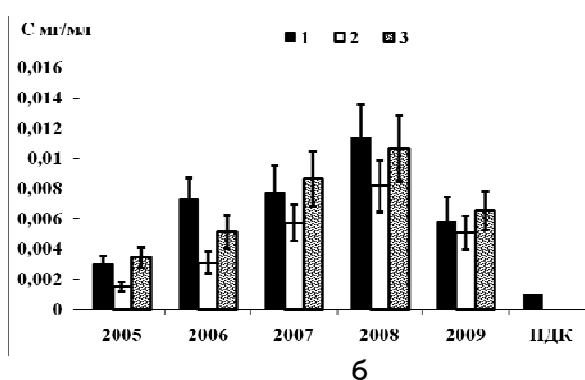
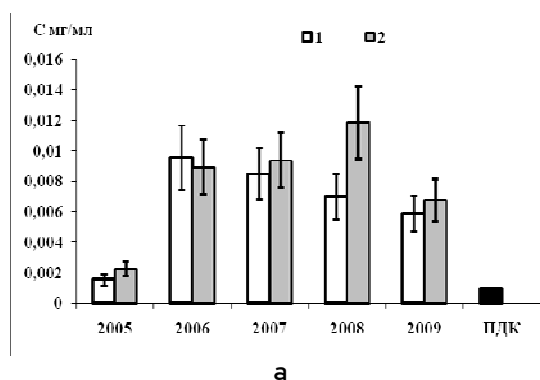


Рис. 3. Изменения концентраций Cu в р. Есентай (а): 1 – ГП 4; 2 – ГП 5 и в р. Б. Алматинка (б): 1 – ГП 6; 2 – ГП 7; 3 – ГП 8

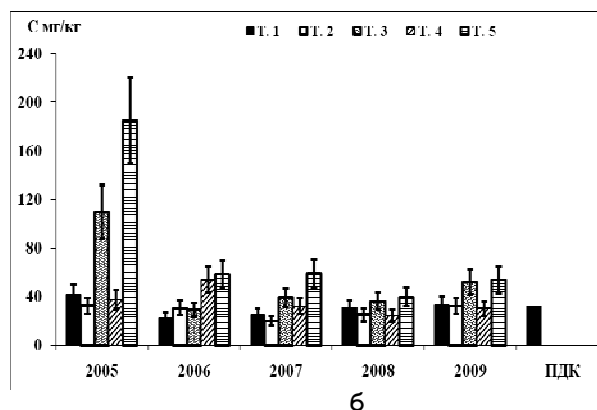
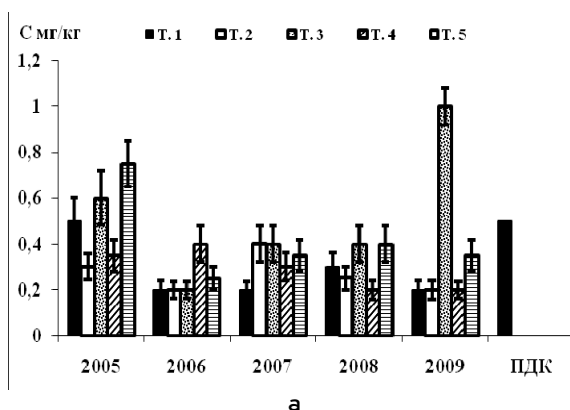


Рис. 4. Изменения концентраций Cd (а) и Pb (б) в почвах г. Алматы

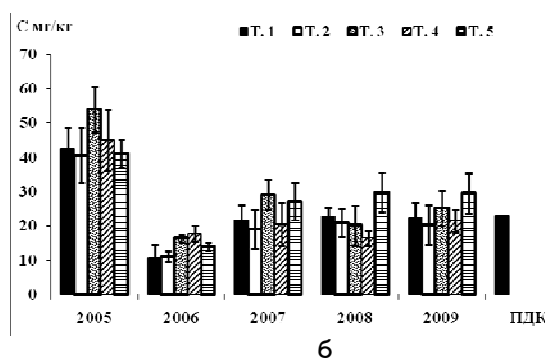
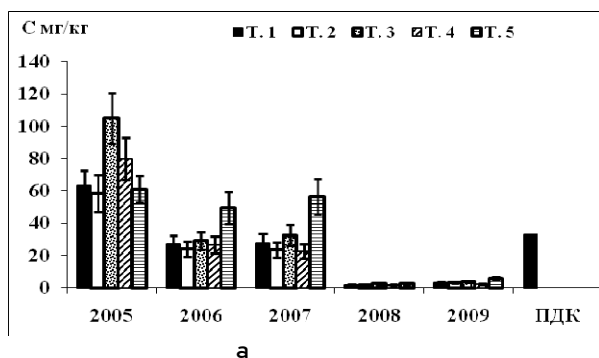


Рис. 5. Изменения концентраций Cu (а) и Zn (б) в почвах г. Алматы

Стабильно высокие концентрации Zn с превышением ПДК (23 мг/кг) наблюдали во все годы (кроме 2006 г.) с максимумом загрязнения в промышленном и транспортном районах (рис. 5б). В 2007-2009 гг. превышение ПДК Zn отмечено также в почвах возле транспортной магистрали.

Выводы

1. Природные факторы: влияние горного хребта, расположение города в естественной котловине, слабая циркуляция воздуха (много штилевых дней) способствовали накоплению загрязняющих веществ в природной среде г. Алматы.

2. Антропогенные факторы: увеличивающееся количество предприятий и особенно автотранспорта усиливали неблагоприятное экологическое состояние города.

3. Природные компоненты г. Алматы (воздух, реки и почвы) оказались значительно загрязнены тяжелыми металлами, в том числе 1-го и 2-го классов опасности (свинцом, кадмием, медью).

4. Отмечено повышенное загрязнение воздуха г. Алматы тяжелыми металлами в осенне-зимний период.

5. Загрязнение рек Большая и Малая Алматинки и Есентай медью было значительным (12 ПДК), незначительное – свинцом, загрязнение кадмием и цинком – было минимальным.

6. Значительные концентрации тяжелых металлов в почвах г. Алматы отмечены во все анализируемые периоды: превышение ПДК Pb, Cu и Zn наблюдали постоянно в транспортных и промышленных районах (максимальное превышение ПДК Pb составило 5,8 раз, Cu – 3,2, ПДК Zn – 1,8); содержание Cd превышало ПДК только в 2005 г.

7. Лидирующее место по загрязнению почв тяжелыми металлами занимали транспортные перекрестки, затем аэропорт и ВАЗ.

Библиографический список

1. Методика выполнения измерения массовой концентрации металлов в атмосферном воздухе атомно-адсорбционным методом с электротермической атомизацией: М 02-09-99. – СПб.: Изд-во стандартов, 1999. – 13 с.

2. Методика выполнения измерения массовой концентрации Zn, Al, Be, Mo в пробах природных и сточных вод: МВИ М01-37-2006. – СПб.: Изд-во стандартов, 2006. – 21 с.

3. Методика выполнения измерения Mn, Co, Cu, Fe, Cd, Pb, Ni в пробах природных и сточных вод атомно-адсорбционным методом на спектрофотометре фирмы «Shumadzu» с электротермической атомизацией МВИ М 01.29-98. – СПб.: Изд-во стандартов, 1998. – 23 с.

4. Методика выполнения измерения массовой доли подвижных форм металлов: РД 52.18.269-90. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 35 с.

5. Статистические сборники / под ред. Д.Д. Раисова. – Алматы, 2004-2010.

6. Шамен А. Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. – Алматы: Изд-во Ғылым. 1996. – 216 с.

7. Куров Б.М. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом? // Аналитический ежегодник. – Алматы, 2008. – № 5. – С. 43-49.

8. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы, № 629: утв. 18.08.2004 // Санитарно-эпидемиологические требования к атмосферному воздуху. – Алматы: Изд-во стандартов, 2004. – 55 с.

9. Комарова Н.Г. Атмосфера и ее загрязнение (на примере больших городов России) // Жизнь Земли: землеведение и экология. – 1997. – № 4. – С. 142-157.

10. Михайлюта С.В., Тасейко О.В. Уровень загрязнения приземной атмосферы Красноярска (холодный период) // ЭЖиП: Экология и промышленность России. – 2003. – № 10. – С. 4-8.

11. Белан Б.Д. и др. Сравнительная оценка состава воздуха промышленных городов Сибири в холодный период // География и природные ресурсы. – 2004. Спец. выпуск. – С. 152-157.

12. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. – М.: Гидрометеоиздат, 1990. – 14 с.

13. Совместный приказ Министерства здравоохранения РК от 30.01.2004 г. № 99 и Министерства охраны окружающей среды РК от 27.01.2004 г., № 21-п.

