



УДК 504.3.054(571.5)

## Оценка экологического состояния атмосферного воздуха Южного Прибайкалья

С. Ж. Вологжина (svologzhina@gmail.com)

А. В. Ахтиманкина (anastasiya. ahtimankina@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме загрязнения атмосферного воздуха. Исследована динамика выбросов промышленных предприятий Южного Прибайкалья. Проанализировано состояние атмосферного воздуха по данным постов наблюдений.

**Ключевые слова:** Южное Прибайкалье, атмосфера, источники загрязнения, валовые выбросы, промышленные предприятия, данные наблюдений.

### Введение

В настоящее время при всевозрастающем антропогенном давлении воздействие оказывается на различные природные системы, в том числе и на Южное Прибайкалье, что негативно сказывается и на самом человечестве.

Одной из важнейших составляющих при оценке условий жизни человека является качество среды, в которой он проживает. На настоящее время существует большое количество экологических программ по улучшению этих условий, такие как внедрение систем экологического менеджмента на предприятия, которые предусматривают минимизацию отрицательного воздействия на окружающую среду; увеличение зеленых зон в городах; создание новых технологий по очистке воздуха, воды и т. д. Однако проблема загрязнения окружающей среды, а вследствие этого ухудшения качества водных ресурсов, атмосферного воздуха и т. д., остается актуальной задачей, требующей решения.

Причинами ухудшения качества атмосферного воздуха населенных мест продолжают оставаться:

1. Выбросы, поступающие от промышленных предприятий в результате:
  - использования сырья с высоким содержанием загрязняющих веществ;
  - значительного износа оборудования;
  - отсутствия очистного оборудования;
  - низких труб источников выбросов;
  - нарушения технологических процессов и др.
2. Выбросы от автотранспорта, вызванные:

- увеличением количества автотранспорта, в том числе старых автомобилей;
- плохим техническим состоянием и содержанием транспорта;
- низким качеством используемого топлива;
- большим количеством автомобильных пробок [9].

### **Объект исследования**

Как известно, на Байкальской природной территории (БПТ) выделяют 3 экологические зоны: центральную зону, буферную зону и зону атмосферного влияния [4].

В данном исследовании будут рассмотрены промышленные объекты, расположенные на территории Иркутской области в центральной экологической зоне и зоне атмосферного влияния.

Ранее проведенные исследования [2–3, 6, 8–11] показали, что территория Южного Прибайкалья наиболее подвержена негативному антропогенному воздействию по сравнению с северной частью Прибайкалья.

На юге Иркутской области, примыкающей к оз. Байкал, расположены крупные промышленные предприятия. Промышленность таких городов, как Иркутск, Ангарск, Шелехов, Слюдянка и Байкальск представлена предприятиями теплоэнергетики, нефтехимии, целлюлозно-бумажной промышленности, цветной металлургии.

Кроме того, основные промышленные города Иркутской области – Иркутск, Ангарск и Шелехов – расположены в основном в долине р. Ангары, что обеспечивает северо-западную ориентацию воздушных потоков в сторону оз. Байкал.

### **Динамика выбросов в атмосферу Южного Прибайкалья**

Ежегодно от предприятий Южного Прибайкалья в атмосферу поступает около 400 тыс. т загрязняющих веществ более 100 наименований, которые в неблагоприятных для рассеяния метеорологических условиях создают высокие уровни загрязнения атмосферы. В 2012 г. уровень загрязнения в г. Иркутске был оценен как очень высокий, в Ангарске, Шелехове, Байкальске – высокий, в Слюдянке – повышенный.

Исследование динамики валовых выбросов от стационарных источников загрязнения атмосферы (рис. 1) показало, что наибольшие выбросы по массе за весь рассматриваемый период с 1992 по 2012 г. приходится на г. Ангарск. Это обусловлено наличием на территории г. Ангарска крупнейшего нефтехимического комбината области ОАО «АНХК», на долю которого приходится большая часть выбросов от всех источников города. Однако самый высокий уровень загрязнения наблюдается в г. Иркутске, общая масса выбросов от промышленных предприятий которого значительно меньше выбросов, приходящихся на долю промышленности г. Ангарска. Этот факт можно объяснить тем, что при оценке уровня загрязнения учитывается концентрация загрязняющих веществ, создаваемая всеми источниками загрязнения, включая частный сектор с печным отоплением.

Представляется недооцененным вклад в загрязнение воздуха на территории г. Иркутска таких источников, как довольно большие площади частного сектора с печным отоплением в г. Иркутске, очень низкие трубы, произвольность выбора топлива вплоть до мусора, содержащего вредные компоненты, а также отсутствие работ по количественному определению загрязнения (т. е. отсутствие инвентаризационных работ).

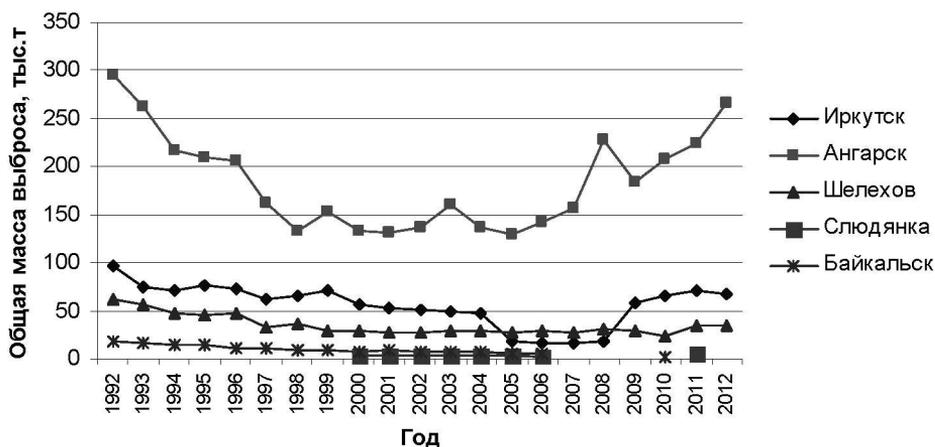


Рис. 1. Динамика выбросов в атмосферу от промышленных предприятий городов Южного Прибайкалья (1992–2012 гг.)

Иркутск – крупнейший город Южного Прибайкалья. На его территории расположено порядка 250 промышленных предприятий, на балансе которых числится более 3000 стационарных антропогенных источников загрязнения атмосферы. Они поставляют в атмосферу вещества 113 наименований и создают высокие уровни загрязнений. Этот факт подтверждается тем, что на протяжении последних 10 лет г. Иркутск регулярно входит в список приоритетных городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Крупнейшими промышленными предприятиями, деятельность которых способствует созданию высоких концентраций вредных веществ, являются ОАО «Иркутскэнерго», ЗАО «Байкалэнерго», ОАО «Корпорация «Иркут»». Стоит отметить, что энергетика является лидирующей отраслью промышленности по выбросам загрязняющих веществ, на ее долю приходится 82,7 % от общего выброса вредных примесей в атмосферу г. Иркутска [1].

Высокий уровень загрязнения в г. Шелехове как крупном промышленном центре Иркутской области обусловлен выбросами, поступающими от предприятий цветной металлургии ОАО «СУАЛ» – филиал «ИркАЗ-СУАЛ», ЗАО «Кремний», а также предприятий энергетики, строительных материалов, металлообработки.

Основным источником загрязнения атмосферы г. Байкальска являлся Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, расположенный непосредственно на берегу оз. Байкал, который на настоящий момент закрыт. Однако загрязняющие вещества, поступившие от комбината в течение 60 лет, продолжают оказывать негативное воздействие на растительность и здоровье людей.

Слюдянка характеризуется наличием перерабатывающих и добывающих предприятий. Основной вклад в загрязнение атмосферы на данной территории вносят такие предприятия, как ООО «Карьер Перевал», ОАО «Первая нерудная компания» и др.

Стоит отметить, что большая часть стационарных источников, расположенных на рассматриваемой территории, характеризуется низкими высотами труб (трубы высотой до 15 м имеют более 80 % всех источников). Кроме того, лишь малая доля источников загрязнения оснащены газоочистными установками (около 20 %).

**Загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями Южного Прибайкалья**

Оценка распространения загрязняющих веществ на территорию Южного Прибайкалья проводилась по следующей схеме:

1) определение населенных пунктов, выбросы предприятий которых гипотетически могут оказать влияние на состояние атмосферного воздуха Южного Прибайкалья;

2) изучение источников загрязнения атмосферного воздуха в рассматриваемом населенном пункте, сбор инвентаризационных данных предприятий;

3) расчет распространения загрязняющих веществ в рассматриваемом населенном пункте;

5) построение карты-схемы распространения выбросов, поступающих от стационарных источников населенного пункта;

6) оценка техногенного влияния на Южное Прибайкалье.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивался с использованием двух методик:

1) гостированная методика расчета абсолютных концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86) [12];

2) математическая модель, основанная на решении дифференциального уравнения переноса и турбулентной диффузии примеси [13], для расчета длительности воздействия концентраций загрязняющих веществ на объекты окружающей среды.

В качестве входной информации в расчеты использовались инвентаризационные данные предприятий населенных пунктов, находящихся на побережье оз. Байкал: относительные координаты источников выбросов; высота и диаметр трубы; скорость, интенсивность и температура выбрасываемой газозадушной смеси. Кроме того, использовались многолетние

метеорологические данные наблюдений за ветровыми характеристиками и температурой окружающей среды.

В результате проведенных расчетов были получены картосхемы распространения загрязняющих веществ от промышленных предприятий Южного Прибайкалья [5].

Помимо распространения загрязняющих веществ важное значение имеют последствия этого воздействия, например влияние повышенных концентраций загрязняющих веществ на растительность и здоровье людей.

В соответствии с вышеизложенным была проведена оценка влияния загрязняющих веществ на лесные массивы рассматриваемой территории: сравнивались и анализировались карты, полученные исследователями из Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН [14], и карты-схемы, полученные нами в результате расчетов по математической модели. По результатам анализа можно судить о том, что границы зон, выделенных авторами [14] по степени угнетения лесов Прибайкалья качественно совпадают с границами областей распространения загрязняющих веществ от антропогенных источников выбросов, полученных нами в результате расчетов (рис. 2).

Сравнение карт показало, что загрязняющие вещества, поступающие от промышленных предприятий, вызывают угнетение растительности, в частности лесных массивов.

#### **Анализ состояния атмосферного воздуха Южного Прибайкалья по данным наблюдений**

Анализ проводился по данным измерений на стационарных пунктах наблюдения Иркутского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ИУГМС). Данные были взяты по стационарным постам наблюдений за состоянием атмосферного воздуха за период 2006–2011 гг.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на стационарных постах проводятся круглогодично, во все сезоны, независимо от погодных условий. Как правило, наблюдения проводятся ежедневно (выходные – воскресенье, суббота – чередуются) в 1, 7, 13 и 19 ч местного декретного времени либо по скользящему графику: вторник, четверг, суббота – 7, 10 и 13 ч; понедельник, среда, пятница – 15, 18 и 21 ч.

В г. Иркутске наблюдения за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе проводятся на следующих постах наблюдений: № 2 (ул. Сухэ-Батора, 5), № 3 (ул. Лермонтова, 325а), № 4 (ул. Партизанская, 76), № 23 (ул. Севастопольская, 23). Для оценки экологического состояния атмосферного воздуха в г. Иркутске данные наблюдений четырех постов осреднялись за месяц, и давалась единая оценка по городу.

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в г. Шелехове проводятся на двух постах наблюдения – № 1 (у автомагистрали) и № 3 (в жилой части города). Для оценки состояния атмосферного воздуха также применялись осредненные ежемесячные данные.

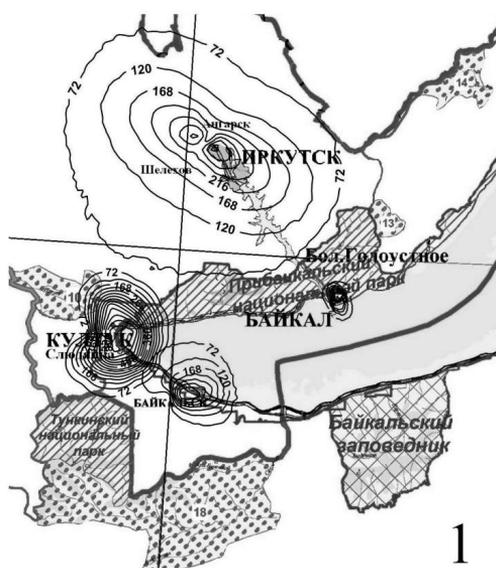
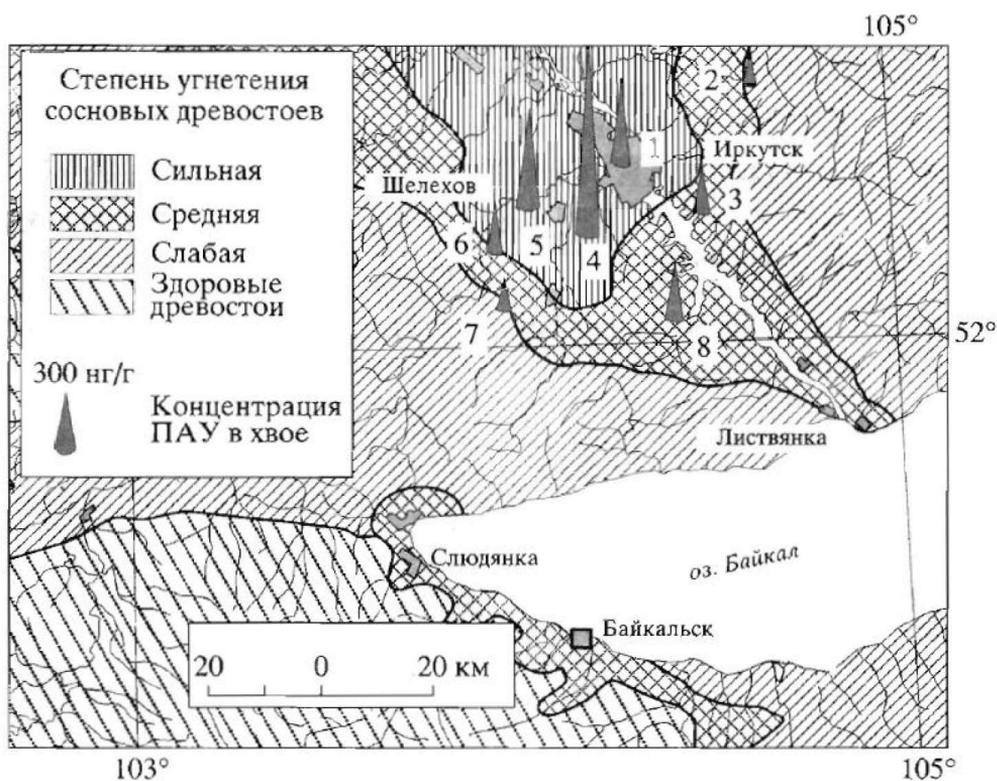


Рис. 2. Сравнение карты оценки степени угнетения сосновых древостоев на территории Прибайкалья [14] и карты-схемы распространения загрязняющих веществ на территории Прибайкалья

В городах Ангарске, Байкальске, Слюдянке находятся по одному посту наблюдений за состоянием атмосферного воздуха (№ 27, № 48 и № 1 соответственно).

В результате исследований было проанализировано загрязнение атмосферного воздуха взвешенными веществами, диоксидом серы, оксидом углерода, диоксидом азота, бенз(а)пиреном, формальдегидом.

#### *Взвешенные вещества*

По результатам анализа данных по концентрациям взвешенных веществ в атмосферном воздухе г. Иркутска (рис. 3, а), получено, что самые высокие значения, превышающие ПДК в 1,5–2 раза, наблюдались в зимние месяцы, что обусловлено отопительным сезоном, а значит усиленной работой объектов теплоэнергетики. Кроме того, превышения ПДК<sub>с.с.</sub> взвешенных веществ в Иркутске наблюдались и в летние месяцы (июнь – август), что может быть связано с климатическими особенностями местности.

В г. Шелехове предельно допустимая концентрация взвешенных веществ превышена также в 1,5–2 раза практически за весь рассматриваемый период (рис. 3, б), что обусловлено постоянной работой промышленных предприятий, таких как Иркутский алюминиевый завод, ЗАО «Кремний» и т. д. Динамика изменения концентрации неравномерна по месяцам. Самые высокие значения превышения ПДК<sub>с.с.</sub> наблюдаются в осенние месяцы.

Анализируя динамику концентраций взвешенных веществ в атмосферном воздухе г. Слюдянки (рис. 4, а), можно сказать, что превышения предельной допустимой концентрации взвешенных веществ наблюдались в период с апреля по ноябрь. Кроме того, в 2010 и 2011 гг. заметно увеличенные содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе.

В г. Ангарске наблюдалось практически постоянное превышение ПДК<sub>с.с.</sub> взвешенных веществ (рис. 4, б). Самые высокие значения концентрации взвешенных веществ (в 2 раза) наблюдались в зимние месяцы, что опять же обусловлено отопительным сезоном.

В г. Байкальске превышений предельной допустимой концентрации взвешенных веществ не наблюдалось.

#### *Диоксид серы*

По данным наблюдений за состоянием атмосферного воздуха по диоксиду серы в городах Ангарске, Шелехове, Слюдянке и Байкальске превышения средней суточной предельной допустимой концентрации не наблюдались.

В г. Иркутске превышения ПДК<sub>с.с.</sub> по диоксиду серы наблюдались в январе и феврале 2010 г. (рис. 5), что, возможно, обусловлено очень низкими температурами в этот период.

#### *Оксид углерода*

В г. Иркутске превышения ПДК<sub>с.с.</sub> оксида углерода на 30 % наблюдались только в декабре и январе 2007 г. (рис. 6, а). Одной из основных причин данного превышения являлась очень низкая температура воздуха в г. Иркутске в этот период.

В г. Шелехове (рис. 6, б) высокие значения концентрации оксида углерода наблюдались в зимние месяцы 2007 и 2008 гг. Это связано с низкими температурами в зимний период по сравнению с другими годами.

#### *Диоксид азота*

По данным наблюдений за состоянием атмосферного воздуха по диоксиду азота было получено, что превышения средней суточной предельной концентрации наблюдались только в г. Иркутске (рис. 7), в остальных городах значения близки к предельному допустимому значению, но не превышают его.

#### *Бенз(а)пирен*

Бенз(а)пирен является типичным химическим канцерогеном окружающей среды, который даже при малой концентрации опасен для человека, поскольку обладает свойством биоаккумуляции. Основным источником поступления бен(а)пирена являются объекты теплоэнергетики.

В рассматриваемых городах наблюдается практически одинаковая ситуация с содержанием бен(а)пирена в атмосферном воздухе: концентрации бенз(а)пирена в зимние месяцы больше, чем в летние, что обусловлено сезонной работой объектов теплоэнергетики (рис. 8). Во всех городах в зимний период зафиксировано превышение средней суточной предельной допустимой концентрации в несколько раз.

Например, в г. Шелехове в зимний период превышения ПДК<sub>с.с.</sub> по бенз(а)пирену достигают шестикратного размера, что, безусловно, негативно сказывается на здоровье проживающего там населения.

#### *Формальдегид*

Содержание формальдегида в воздухе крупных населенных пунктов повышено за счет того, что он является продуктом горения топлива автомобильного транспорта. Кроме того, формальдегид поступает в атмосферный воздух вместе с выбросами химических предприятий. Практически во всех рассматриваемых городах содержание формальдегида в атмосферном воздухе близко к предельному допустимому значению, но не превышает его.

В г. Шелехове содержание формальдегида (рис. 9) на протяжении всего периода наблюдений превышает ПДК<sub>с.с.</sub>, что может быть связано с работой Иркутского алюминиевого завода.

На многих рассматриваемых диаграммах выделяется 2008 г., в отдельные дни которого среднесуточная температура воздуха была на 7–15 °С ниже нормы, в некоторых районах Иркутской области минимальная температура воздуха достигала -46...-50 °С [7]. Из-за низких температур 2008 г. предприятия теплоэнергетики работали в более интенсивном режиме, что и привело к повышенному содержанию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, таких как диоксид серы, оксид углерода, бенз(а)пирен и т. д.

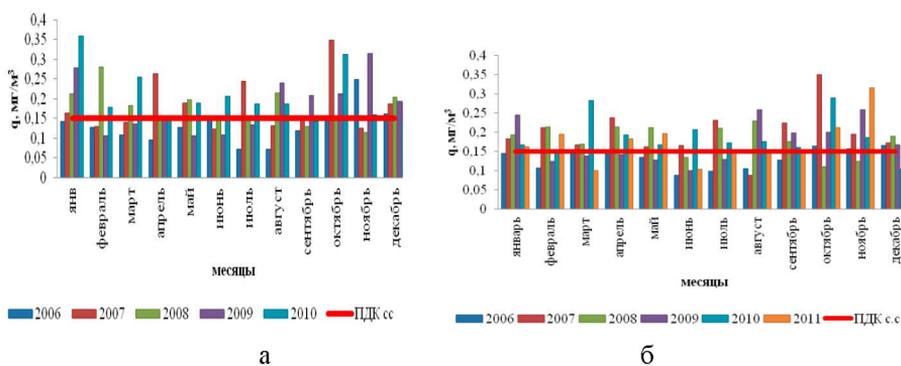


Рис. 3. Динамика изменения концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе г. Иркутска (а) и г. Шелехова (б)

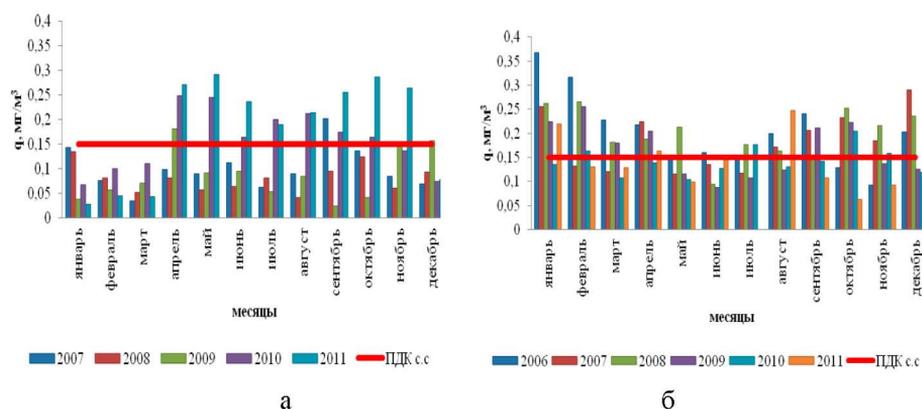


Рис. 4. Динамика изменения концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе г. Слюдянки (а) и г. Ангарска (б)

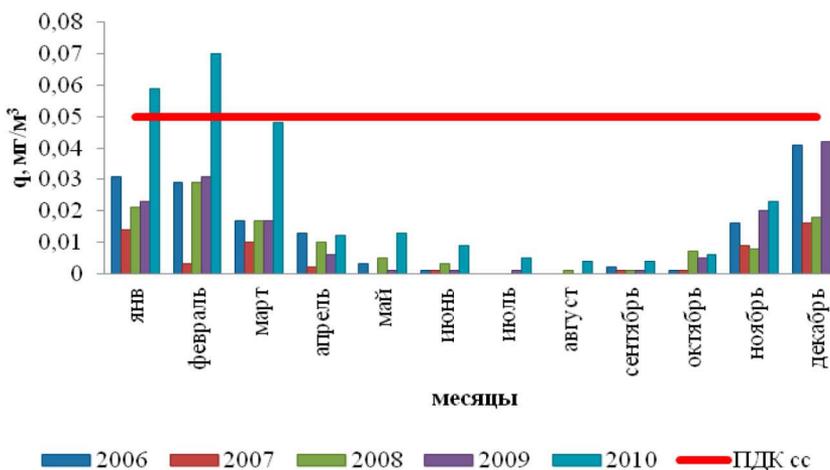


Рис. 5. Динамика изменения концентрации диоксида серы в атмосферном воздухе г. Иркутск

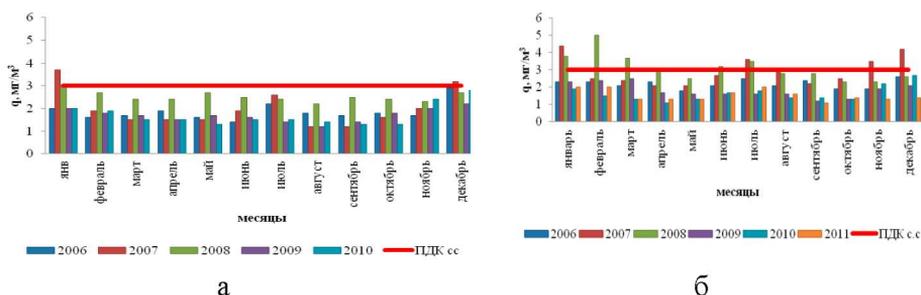


Рис. 6. Динамика изменения концентрации оксида углерода в атмосферном воздухе г. Иркутска (а) и г. Шелехова (б)

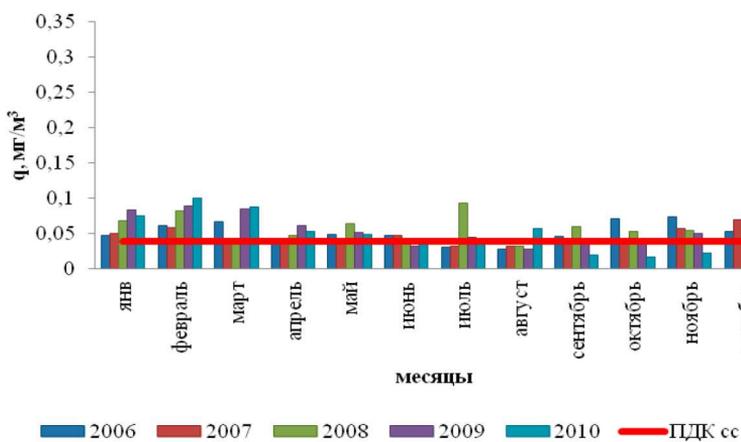


Рис. 7. Динамика изменения концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе г. Иркутска

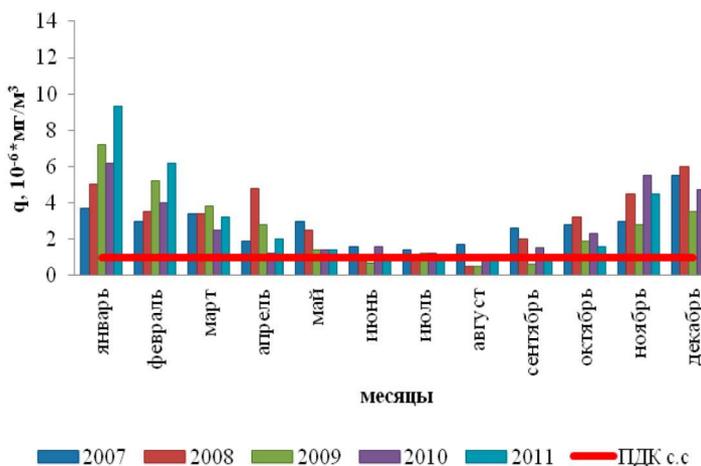


Рис. 8. Динамика изменения концентрации бенз(а)пирена в атмосферном воздухе г. Шелехова

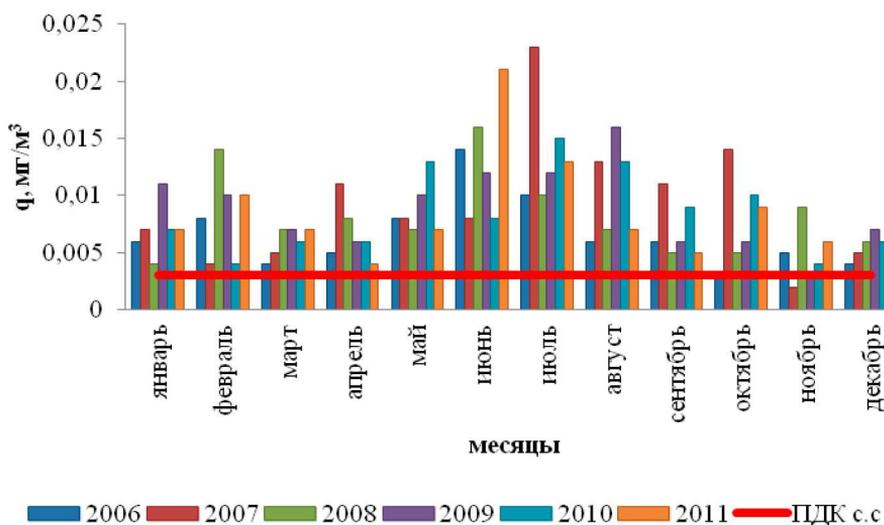


Рис. 9. Динамика изменения концентрации формальдегида в атмосферном воздухе г. Шелехова

## Выводы

Проведенные исследования показали, что экологическую обстановку в городах Южного Прибайкалья можно считать неудовлетворительной. Выбросы промышленных предприятий, несмотря на ухудшение качества среды, остаются на том же уровне, в то время как используемое оборудование устаревает, что приводит к неблагоприятным последствиям, таким как рост заболеваемости населения, деградация лесной растительности и т. д.

По медицинской статистике количество обращений населения за медицинской помощью с 1994 по 2011 г. по всем заболеваниям выросло в среднем в 1,6 раза, а количество обращений с заболеваниями органов дыхания увеличилось в 2 раза [15]. В 2011 г. по сравнению с 2010 г. зарегистрирован рост первичной заболеваемости населения по 11 классам болезней: болезни костно-мышечной системы (+19,6 %), врожденные аномалии (+12,4 %), новообразования (+11,6 %), болезни эндокринной системы (+9,9 %), болезни глаза (+6,9 %), болезни системы кровообращения (+6,8 %), болезни органов пищеварения (+6,4 %), болезни кожи и подкожной клетчатки (+3,9 %), психические расстройства (+3,1 %), болезни мочеполовой системы (+1,6 %), болезни уха (+1,3 %) [9]. Загрязнение атмосферного воздуха химическими веществами является одним из основных факторов риска развития у населения, проживающего на территории распространения выбросов промышленности и автотранспорта, прежде всего лор-патологии, частых респираторных заболеваний, аллергических болезней, психоневротических расстройств и т. д.

К тому же многолетнее высокое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе приводит к тому, что древесная растительность, попадающая в область распространения загрязняющих веществ, деградирует, что наблюдается вдоль р. Ангары, а также вокруг Байкальского целлюлозно-бумажного комбината [14].

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-31379 мол\_а и гранта Минобрнауки РФ № 14.132.21.1389.*

### Список литературы

1. Ахтиманкина А. В. Загрязнение атмосферного воздуха промышленными предприятиями г. Иркутска / А. В. Ахтиманкина, А. В. Аргучинцева // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – 2013. – Т. 6, № 1. – С. 3–19.
2. Аргучинцев В. К. Модели и методы для решения задач охраны атмосферы, гидросферы и подстилающей поверхности / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева ; под ред. В. В. Буфала. – Иркутск : Иркут. гос. ун-т, 2001. – 115 с.
3. Аргучинцев В. К. Моделирование мезомасштабных гидротермодинамических процессов и переноса антропогенных примесей в атмосфере и гидросфере региона оз. Байкал / В. К. Аргучинцев, А. В. Аргучинцева. – Иркутск : РИО ИГУ, 2007. – 255 с.
4. Байкальская природная территория [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rgo.ru/2010/08/bajkalskaya-prirodnaya-territoriya>.
5. Вологжина С. Ж. Оценка пространственно-временного распределения антропогенных примесей в атмосфере Прибайкалья : монография / С. Ж. Вологжина. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. – 109 с.
6. Голобокова Л. П. Современная оценка сухих осадений химических веществ на подстилающую поверхность в разных районах азиатской территории России / Л. П. Голобокова, Т. А. Ходжер, Т. В. Ходжер // Оптика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 20, № 6. – С. 512–516.
7. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2008 год. – М., 2009. – 48 с.
8. Латышева И. В. Современные особенности гидрометеорологического режима южного побережья оз. Байкал / И. В. Латышева, В. Н. Синюкович, Е. В. Чумакова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Науки о Земле. – Иркутск. – 2009. – Т. 2, № 2. – С. 117–133.
9. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Иркутской области в 2011 году: государственный доклад. – Иркутск, 2012. – 256 с.
10. Потемкин В. Л. Математическое моделирование процессов аэрозольного загрязнения в регионе озера Байкал / В. Л. Потемкин, В. Л. Макухин // Оптика атмосферы и океана. – 2005. – Т. 18, № 1–2. – С. 176–179.
11. Сутырина Е. Н. Оценка негативных изменений в пределах бассейна р. Селенги по ДДЗ // Динамика геосистем и оптимизация природопользования. – Иркутск, 2010. – С. 2014–216.
12. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий : общесоюзный нормативный документ (ОНД-86) / науч. рук. М. Е. Берлянд. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.
13. Моделирование и управление процессами регионального развития / А. В. Аргучинцева [и др.]. – М. : Наука, 2001. – 432 с.

14. Хвоя сосны как тест-объект для оценки распространения органических поллютантов в региональном масштабе / А. Г. Горшков, Т. А. Михайлова, Н. С. Бережная, А. Л. Верещагин // Докл. Академии наук. – 2006. – Т. 408, № 2. – С. 247–249.

15. Шалина Т. И. Анализ общей заболеваемости детей и подростков по классам болезней / Т. И. Шалина, Л. С. Васильева, М. Ф. Савченков // Сиб. мед. журн. – 2009. – № 2. – С. 66–68.

## The assessment of the ecological state of the air of the Southern Baikal

S. Zh. Vologzhina, A. V. Akhtimankina

**Annotation.** The article is devoted to the problem of air pollution. The dynamics of industrial emissions Southern Baikal are investigated. The state of the air is analyzed using the data of observation points.

**Key words:** Southern Baikal, atmosphere, sources of pollution, gross emissions, industry, data of observation.

*Вологжина Саяна Жамсарановна*  
кандидат географических наук  
Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952)52–10–72

*Vologzhina Saiana Zhamsaranovna*  
Ph. D. in Geography  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003  
tel.: (3952)52–10–72

*Ахтиманкина Анастасия Владимировна*  
преподаватель  
Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952)52–10–72

*Akhtimankina Anastasiia Vladimirovna*  
Lecturer  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003  
tel.: (3952)52–10–72