

*На правах рукописи*



**ВОЛОГЖИНА САЯНА ЖАМСАРАНОВНА**

**ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ  
В АТМОСФЕРЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ**

25.00.36 – Геоэкология (географические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук**

Улан-Удэ – 2012

Работа выполнена на кафедре гидрологии и охраны водных ресурсов географического факультета ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

Научный руководитель доктор технических наук, профессор  
**АРГУЧИНЦЕВА Алла Вячеславовна**

Официальные оппоненты **ИМЕТХЕНОВ Анатолий Борисович**,  
доктор географических наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный  
университет», профессор кафедры  
зоологии и экологии

**ХОДЖЕР Тамара Викторовна**,  
доктор географических наук, ФГБУН  
«Лимнологический институт СО РАН», за-  
меститель директора по научной работе,  
заведующая лабораторией гидрохимии и  
химии атмосферы

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный  
технический университет»

Защита состоится «15 » мая 2012 г. в 16.00 часов на заседании диссертацион-  
ного совета ДМ 212.022.06 при ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный универ-  
ситет» по адресу: 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а.

Факс: (3012)21-05-88; e-mail: univer@bsu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ  
«Бурятский государственный университет»

Автореферат разослан «\_\_\_» апреля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат географических наук, доцент



Григорьева  
Марина Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Увеличивающиеся с каждым годом объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, связанные с ростом производительности промышленности, отражаются не только на увеличении концентраций содержащихся в воздухе веществ, но и, как следствие, в увеличении заболеваемости населения, проживающего в зоне влияния промышленных производств, а также в изменении морфофизиологических показателей растительности. Поэтому изучение проблем загрязнения различных территорий всегда является актуальной задачей. Однако необходимо учитывать, что уровень загрязнения атмосферы зависит не только от антропогенной нагрузки (содержания и количества антропогенных выбросов), но и от метеорологических условий, способствующих либо их накоплению, либо их рассеянию (потенциал самоочищения атмосферы).

Озеро Байкал является уникальным объектом. Устойчивость экосистемы Байкала во многом зависит от деятельности проживающего на этой территории населения. На протяжении многих лет на Байкале исторически образовывались населенные пункты и места отдыха. В результате, практически все побережье озера оказалось в пользовании человека, что не может не сказываться на экологическом состоянии Прибайкалья.

Прибайкалье – это горная область, прилегающая с запада и востока к озеру Байкал, в Республике Бурятия и Иркутской области. Включает горные хребты: Приморский и Байкальский к западу от озера Байкал; Хамар-Дабан, Улан-Бургасы, Баргузинский и др. к югу и востоку от озера, а также особо охраняемые природные территории, прилегающие к озеру Байкал (Энциклопедический словарь географических..., 1973).

**Цель и задачи исследований.** Цель диссертационной работы заключается в исследовании техногенного влияния на атмосферу ООПТ Прибайкалья путем моделирования распределения антропогенных примесей; выявлении основных источников загрязнения атмосферы Прибайкалья.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить климатические характеристики региона с точки зрения определения условий для рассеяния примесей в атмосфере;
- смоделировать распространение в атмосферном воздухе выбросов от предприятий Прибайкалья;
- оценить сложившуюся экологическую ситуацию в Прибайкалье.

**Объект исследований** – территория Прибайкалья и входящие в нее особо охраняемые природные территории.

**Предмет исследований** – техногенное влияние на атмосферный воздух Прибайкалья.

**Фактический материал.** Работа основана на многолетних (1995-2010 гг.) данных метеорологических наблюдений за вектором скорости ветра 21 гидрометеорологических станций, расположенных в непосредственной близости к озеру Байкал, которые ведут 8-срочные наблюдения (декретное время наблюдений: 12, 15, 18,

21, 00, 03, 06, 09 ч). Наблюдения на гидрометеостанциях и постах за скоростью ветра проводятся в полярной системе координат. Поэтому полученные многолетние массивы данных по каждому пункту были обработаны по специальной компьютерной программе. Кроме многолетних данных метеорологических наблюдений, в качестве входной информации используются инвентаризационные данные стационарных источников выбросов предприятий Иркутской области и Республики Бурятия (расположенных на относительно небольшом расстоянии от озера Байкал): мощность выброса, координаты относительного размещения источников, скорость выброса, радиус и высота труб, температура газовой смеси.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач использовался комплекс взаимодополняющих методов исследования: методы теоретического анализа литературы по исследуемой проблеме; методы системного и сравнительного анализа, позволяющие провести комплексный учет факторов, обуславливающих загрязнение атмосферного воздуха; математическое моделирование опасных зон загрязнения атмосферы; графико-построительные методы при построении картосхем местности по степени ее загрязнения.

#### **Научная новизна:**

- впервые для территории Прибайкалья и входящих в нее особо охраняемых природных территорий проводится оценка метеорологических характеристик (температура, направление и скорость ветра) с точки зрения возможности атмосферы к рассеиванию примесей;

- впервые для территории Прибайкалья и входящих в нее особо охраняемых природных территорий применяется вероятностная модель оценки распределения антропогенной примеси с учетом климатических особенностей.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Полученные результаты дополняют представления о современном состоянии загрязнения атмосферного воздуха Прибайкалья. Материалы диссертации используются в учебном процессе Иркутского государственного университета (географический факультет) в следующих дисциплинах: Геоэкология, Математическое моделирование в задачах охраны окружающей среды, Региональное природопользование, Экологический менеджмент. Результаты расчетов, как в диагностическом, так и в прогностическом вариантах, могут быть использованы в системе органов исполнительной власти для принятия оптимальных мер; в системе здравоохранения для выявления причин специфического заболевания; проектировщиками и руководителями промышленных предприятий для обоснования выбора топлива, типа очистных сооружений и т.д.; дендрологами для установления потенциальных зон поражения растительности; экспериментаторами для выбора обоснованных точек наблюдения за состоянием атмосферного воздуха.

**Достоверность полученных результатов** обоснована использованием большого объема исходных метеорологических данных (1995-2010 гг.), применением апробированных методов исследования, удовлетворительным согласованием в частных случаях полученных результатов с расчетами по известным методикам (гостированным), сравнением с имеющимися данными наблюдений.

**Апробация работы.** По теме диссертационного исследования опубликовано 14 работ, в том числе 3 из них – в журналах из списка, рекомендованного ВАК.

Основные результаты исследования получены в рамках мероприятия ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг. государственный контракт №02.740.11.0335 от 07.07.2009 г., «Географическая оценка речных бассейнов и аквальных ландшафтов Байкальской природной территории на основе экспериментальных исследований, дистанционного зондирования, ГИС-технологий, приемов ландшафтного планирования и моделирования гидрологических процессов», 2009-2011 гг.

Работа поддержана Грантами для поддержки научно-исследовательской работы аспирантов и молодых сотрудников Иркутского государственного университета (№111-09-003/Б1, 2009; №091-08-104, 2010; №113-11-000, 2011).

Результаты исследования докладывались на межрегиональных научно-практических конференциях и научно-теоретических конференциях: «Ресурсы Байкальского региона: освоение, состояние, экологические проблемы» (Иркутск 2009, 2010, 2011); Международная конференция научно-образовательных центров (Воронеж, 2010; Иркутск, 2011); Пятая Верещагинская байкальская конференция, Международная научная школа для молодежи «Экология крупных водоемов и их бассейнов», 16 объединенный семинар по проблемам изучения региональных осадений из атмосферы (Иркутск, 2010); XVII научная конференция молодых географов Сибири и Дальнего Востока «Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее» (Иркутск, 2011); VI школа-семинар молодых ученых России «Проблемы устойчивого развития региона» (Улан-Удэ, 2011); Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области наук о Земле Всероссийского Фестиваля науки (Томск, 2011); Международная Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике «Физические процессы в космосе и околоземной среде», XII конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом» (Иркутск, 2011), XVI Международная экологическая студенческая конференция «Экология России и сопредельных территорий» (Новосибирск, 2011), Рабочая встреча с группой российско-американских экспертов, представляющих Министерство образования и науки РФ и американский фонд The US Civilian Research and Development Foundation (CRDF) (Иркутск, 2011).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем работы составляет 176 страниц, включая 12 таблиц, 29 рисунков, 267 наименований из списка литературы.

Все приведенные в работе картосхемы, таблицы, если в подписи к ним не указано другое, выполнены автором.

**Во введении** определены актуальность, цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, даны сведения об исходных данных, использованных в работе.

**В первой главе** «Физико-географическая характеристика территории исследования» дана краткая характеристика особо охраняемых природных территорий Прибайкалья.

*Во второй главе* «Оценка природной возможности атмосферы к самоочищению» проведен обзор основных подходов к определению самоочищения атмосферы; выявлены климатические особенности Прибайкалья; на основе многолетних (1995-2010 гг.) ежедневных 8-срочных метеорологических данных наблюдений на 21 метеостанции для Прибайкалья построены климатические эллипсы рассеяния, которые используются в качестве показателя возможности атмосферы Прибайкалья к самоочищению.

*В третьей главе* «Оценки распределения и распространения загрязняющих веществ» проведен обзор основных подходов к оценке загрязнения атмосферного воздуха; по стандартной методике (ОНД-86) и математической модели рассчитаны характеристики области загрязнения атмосферы антропогенными источниками, определены зоны превышения среднесуточных предельных допустимых концентраций (ПДК<sub>с.с.</sub>) для различных ингредиентов, проведено сравнение полученных данных с данными измерений за содержанием в воздухе загрязняющих веществ.

*В четвертой главе* «Влияние загрязнения воздуха на растительность и здоровье человека» рассмотрены критерии опасности загрязнения атмосферы для растений; проведен обзор исследований по разработке предельных допустимых концентраций для растительности, в частности для лесных насаждений; по разработанным критериям проведена оценка техногенного воздействия на природные комплексы Прибайкалья; рассмотрены проблемы проведения оценки риска здоровью человека, обусловленного загрязнением окружающей среды; приведены статистические данные по заболеваемости населения в населенных пунктах Прибайкалья.

*В заключении* сформулированы основные выводы по результатам исследований.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРЕДМЕТ ЗАЩИТЫ**

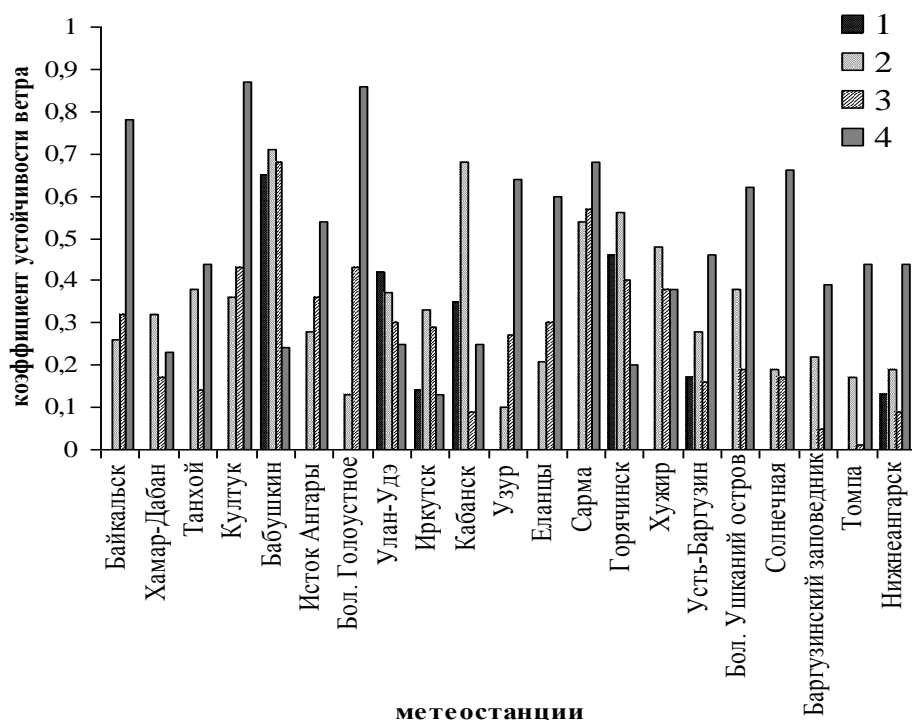
**1. На основе обработки многолетних ежедневных 8-срочных данных наблюдений 21 береговой метеостанции показано, что климатические условия Прибайкалья в течение года не обеспечивают полного рассеяния антропогенных выбросов в атмосферном воздухе.**

В данной работе впервые ко всей территории Прибайкалья был применен подход к определению возможности атмосферы к самоочищению путем моделирования распределения векторов скорости ветра на основе данных метеостанций, расположенных на побережье озера.

На Байкале регулярно ведутся систематические наблюдения за метеорологическими параметрами (температура воздуха, скорость и направление ветра, облачность, влажность и т.д.). В работе рассмотрены многолетние (1995-2010 гг.) 8-срочные наблюдения (декретное время наблюдений: 12, 15, 18, 21, 24, 03, 06, 09 ч), проводимые на 21 гидрометеорологической станции, расположенных в непосредственной близости к озеру Байкал. На основе которых для оценки самоочищения атмосферы рассчитывались следующие характеристики: компоненты вектора скорости ветра ( $u, v$ ); результирующий вектор скорости ветра ( $V_r$ ); средние квадратические

отклонения ( $\sigma_u$ ,  $\sigma_v$ ), характеризующие степень изменчивости (рассеяния) составляющих векторов скорости ветра; эллиптичность ( $L$ ); устойчивость ветра ( $q$ ). Для оценки устойчивости вектора скорости ветра на отдельных участках Байкала, расположенных с юга на север, была построена гистограмма распределения устойчивости ветра  $q$  по станциям для июля, августа и декабря (рис.1).

Из рис.1 видно, что в среднем более устойчив ветер в декабре, а для таких станций, как Култук ( $q = 0,87$ ), Байкальск ( $q = 0,78$ ), Большое Голоустное ( $q = 0,86$ ), устойчивость ветра в декабре близка к соответствующему своему значению в области североатлантических пассатов, где  $q = 0,90$ . Вероятно, это обусловлено местными циркуляциями, возникающими под влиянием больших температурных перепадов между водой и сушей, а также сильными и порывистыми ветрами, направленными вниз по горному склону там, где горный хребет граничит с озером (например, Сарма). И в зимние, и в летние месяцы постоянно неустойчив ветер на станции Хамар-Дабан из-за ее расположения на значительной высоте над уровнем моря. В летние месяцы (особенно в августе) по большинству станций в среднем ветер более неустойчив, что можно объяснить тем, что перепад температур «вода-суша» меньше, чем в декабре, особенно в ночные часы, а потому более сильные ветры с озера на сушу (дневной бриз) возникают в основном в дневное время.



Примечание. 1 – февраль, 2 – июль, 3 – август, 4 – декабрь. На некоторых станциях данные за февраль отсутствуют.

Рис.1. Распределение коэффициента устойчивости ветра по станциям акватории озера Байкал, расположенным с юга на север

Территории, которые выделяются из общей картины несвойственными для данной области Байкала показателями, имеют некоторые географические особенности, например, горная местность, являющаяся своего рода барьером для проникновения воздушных масс внутрь этой области, или, наоборот, для высвобождения воздушных масс, циркулирующих внутри данной области, а также равнина, являющаяся территорией свободного проникновения любых типов ветров.

Для представления общей картины рассеяния ветрового потока над озером представим выполненные расчеты за два месяца: август и декабрь (рис.2, 3).

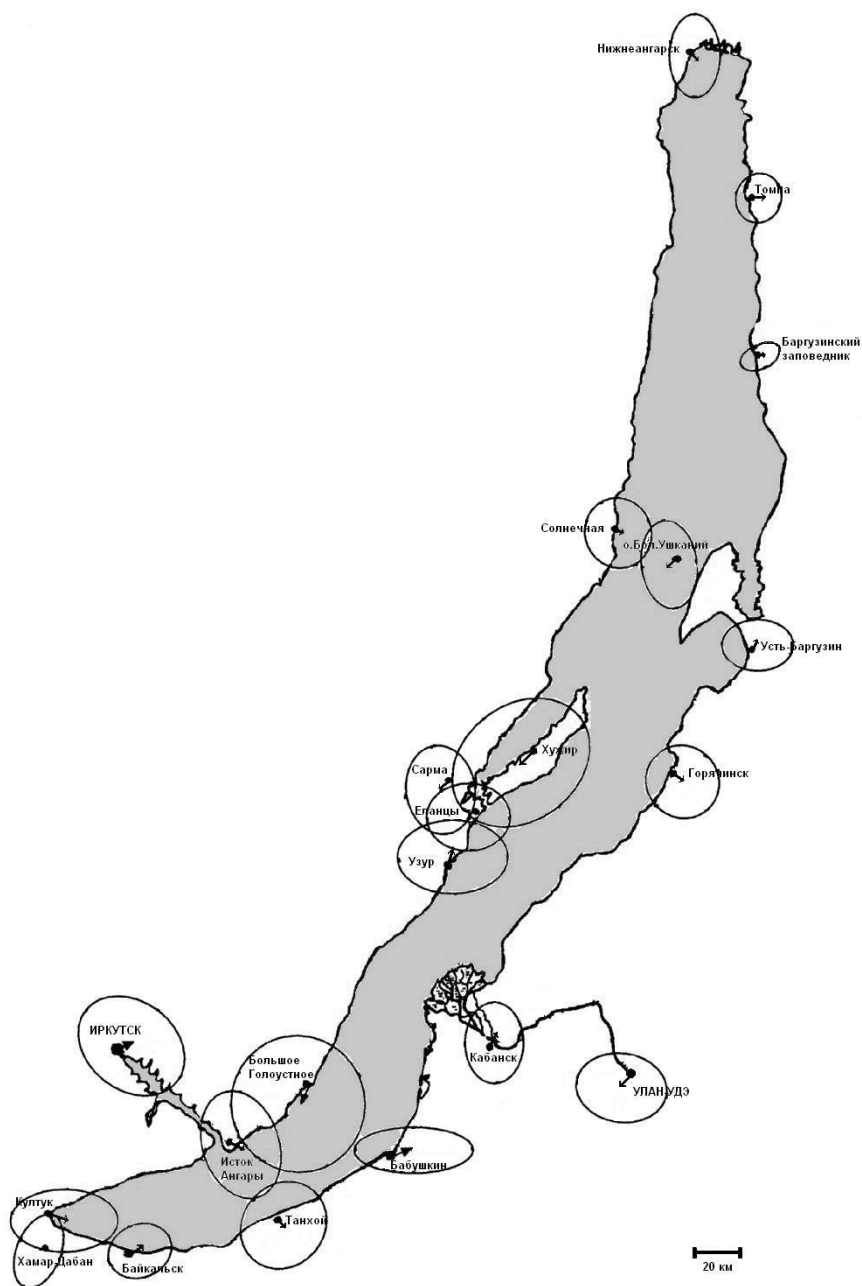


Рис. 2. Климатические эллипсы рассеяния ветрового потока в августе над акваторией и побережьем озера Байкал



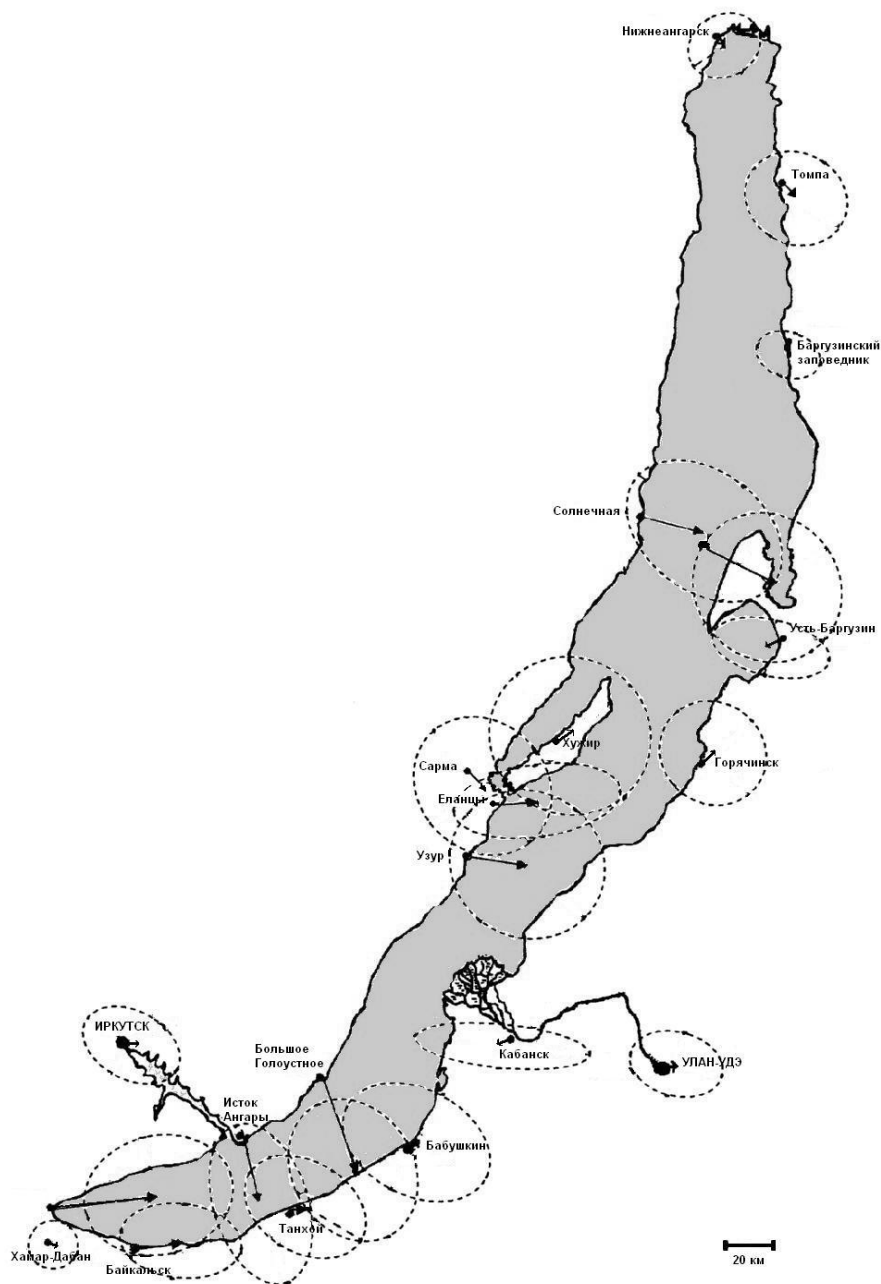
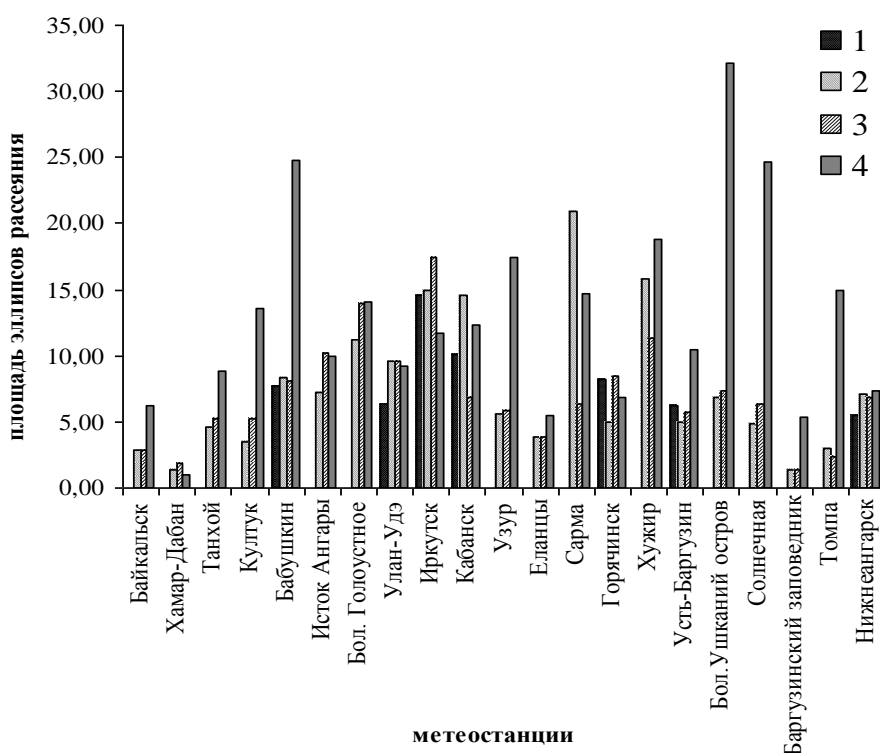


Рис. 3. Климатические эллипсы рассеяния ветрового потока в декабре над акваторией и побережьем озера Байкал

Август был выбран вследствие того, что в годовом изменении температуры воздуха в Прибайкалье наблюдается сдвиг экстремальных значений, т.е. проявляется тенденция, свойственная приморским районам. Примерно для половины байкальских станций годовой максимум температуры воздуха приходится на август, т.е. в этом месяце наиболее прогретая вода в озере, но температурный перепад все же имеет место. В это время года большая часть ветров имеет направление с Байкала на

сушу. В декабре Байкал, в большинстве случаев, еще не покрыт льдом, поэтому наблюдаются большие перепады температуры суши и воды, вследствие чего возникают локальные ветры. Практически для всех метеостанций по расчетным данным было получено преобладание по площади климатического эллипса рассеяния в декабре над климатическим эллипсом рассеяния в августе. Следовательно, в каждой точке области рассеяния концентрации ингредиентов в декабре будут меньше, чем в августе. И только на территории в пределах Хамар-Дабана в августе рассеяние примесей будет происходить на гораздо большее расстояние, чем в декабре. Это связано с местоположением метеостанции в глубокой седловине северных отрогов хребта. Если на метеостанциях, расположенных непосредственно на побережье озера, максимальные скорости ветра наблюдаются в холодное время, то для станций, расположенных в некотором удалении от побережья или в горах (к ним относится и метеостанция Хамар-Дабан), характерно увеличение скоростей в теплое время.

Для всех рассмотренных метеостанций были вычислены площади климатических эллипсов рассеяния ветрового потока (рис.4).



*Примечание. 1 – февраль, 2 – июль, 3 – август, 4 – декабрь. На некоторых станциях данные за февраль отсутствуют.*

**Рис. 4.** Площади климатических эллипсов рассеяния ветрового потока в рассматриваемых метеостанциях

Площади климатических эллипсов рассеяния ветрового потока на Северном Байкале меньше, чем на Южном. Это говорит о том, что потенциальные возможности самоочищения атмосферы на Северном Байкале ниже. Чётко прослеживается за-

висимость площади рассеяния от сезона года: в летний период она значительно меньше, чем в зимний. Также видна ее тенденция уменьшения с юга на север. Территории, выделяющиеся из общей картины, такие как станции Исток Ангары, Хамар-Дабан, имеют свои географические особенности. Анализ полученных расчетов и графиков показывает, что хотя рассеяние потенциальных и существующих примесей будет наилучшим образом происходить на территориях, близлежащих к метеостанциям: Култук, Исток Ангары, Большое Голоустное, Бабушкин, Хужир, Узур, Большой Ушканий остров и Солнечная, однако большая часть этих примесей в любом случае будет распространяться в сторону озера и осаждаться постепенно на его зеркало.

Климатические эллипсы рассеяния ветрового потока дают качественную картину возможности самоочищения атмосферы и помогают при расчетах обоснованно ограничиться рассмотрением отдельных вариантов. Естественно, что реальная картина загрязнения может быть получена при детальном рассмотрении как метеорологических условий, так и параметров источников выброса.

**2. Построенные картосхемы продолжительности в атмосферном воздухе повышенных концентраций загрязняющих веществ на территории Прибайкалья (в качестве критериев опасности использовались средние суточные предельные допустимые концентрации) показывают, что четыре особо охраняемые природные территории: Прибайкальский и Забайкальский национальные парки и Иркутский и Верхне-Ангарский заказники, длительное время подвержены негативному воздействию вредных ингредиентов.**

По климатической модели, основанной на аналитических решениях дифференциального уравнения переноса и турбулентной диффузии примеси, были рассчитаны характеристики области загрязнения атмосферы от антропогенных источников, определены зоны превышения среднесуточной предельной допустимой концентрации (ПДК<sub>с.с.</sub>) и их размеры.

В диссертационной работе использовались инвентаризационные данные о параметрах источников выбросов предприятий 21 населенного пункта: Ангарска, Байкальска, Горячинска, Гусиноозерска, Еланцов, Иркутска, Култука, Кабанска, Каменска, Листвянки, Оймура, Посольска, Северобайкальска, Селенгинска, Слюдянки, Таловки, Танхоя, Турунтаево, Улан-Удэ, Усть-Баргузина, Шелехова. В этих населенных пунктах находятся около 25000 стационарных источников, которые выбрасывают в атмосферу более 100 загрязняющих веществ. В качестве входной информации в расчеты по климатической модели использовались инвентаризационные данные предприятий (координаты источника выбросов, диаметр и высота трубы, мощность и скорость выброса газовой смеси, температуры газовой смеси) и обработанные методами математической статистики многолетние (1995-2010 гг.) 8-срочные наблюдения (декретное время наблюдений: 12, 15, 18, 21, 00, 03, 06, 09 ч.) за температурой, направлением и скоростью ветра. Расчеты были проведены для зимних месяцев, когда объекты теплоэнергетики работают на полную мощность, и летних месяцев, когда объекты теплоэнергетики работают в минимальном

режиме. В результате проведенных расчетов были получены картосхемы загрязнения территории с изолиниями, проведенными по частотам превышения средней суточной предельно допустимой концентрации в часах в месяц. В качестве примера приведем отдельные фрагменты расчетов загрязнения атмосферы Прибайкалья по математической модели. Для удобства проведения анализа областей влияния антропогенных источников общая картосхема загрязнения атмосферного воздуха Прибайкалья была разбита на более детальные участки. Анализ был проведен для каждого ингредиента отдельно. В результате проведенных расчетов по выбросам диоксида азота в таких населенных пунктах, как Горячинск, Листвянка, Оймур, Посольск, Таловка, Танхой, Турунтаево, Усть-Баргузин превышений среднесуточной предельной допустимой концентрации по диоксиду азота получено не было. Превышения ПДК<sub>с.с.</sub> были получены в таких населенных пунктах, как Ангарск, Иркутск и Шелехов (рассчитывались в совокупности); Байкальск; Гусиноозерск; Еланцы; Култук и Слюдянка (рассчитывались в совокупности); Северобайкальск; Каменск, Кабанск и Селенгинск (рассчитывались в совокупности); Улан-Удэ (рис.5, табл.1).

*Таблица 1.*

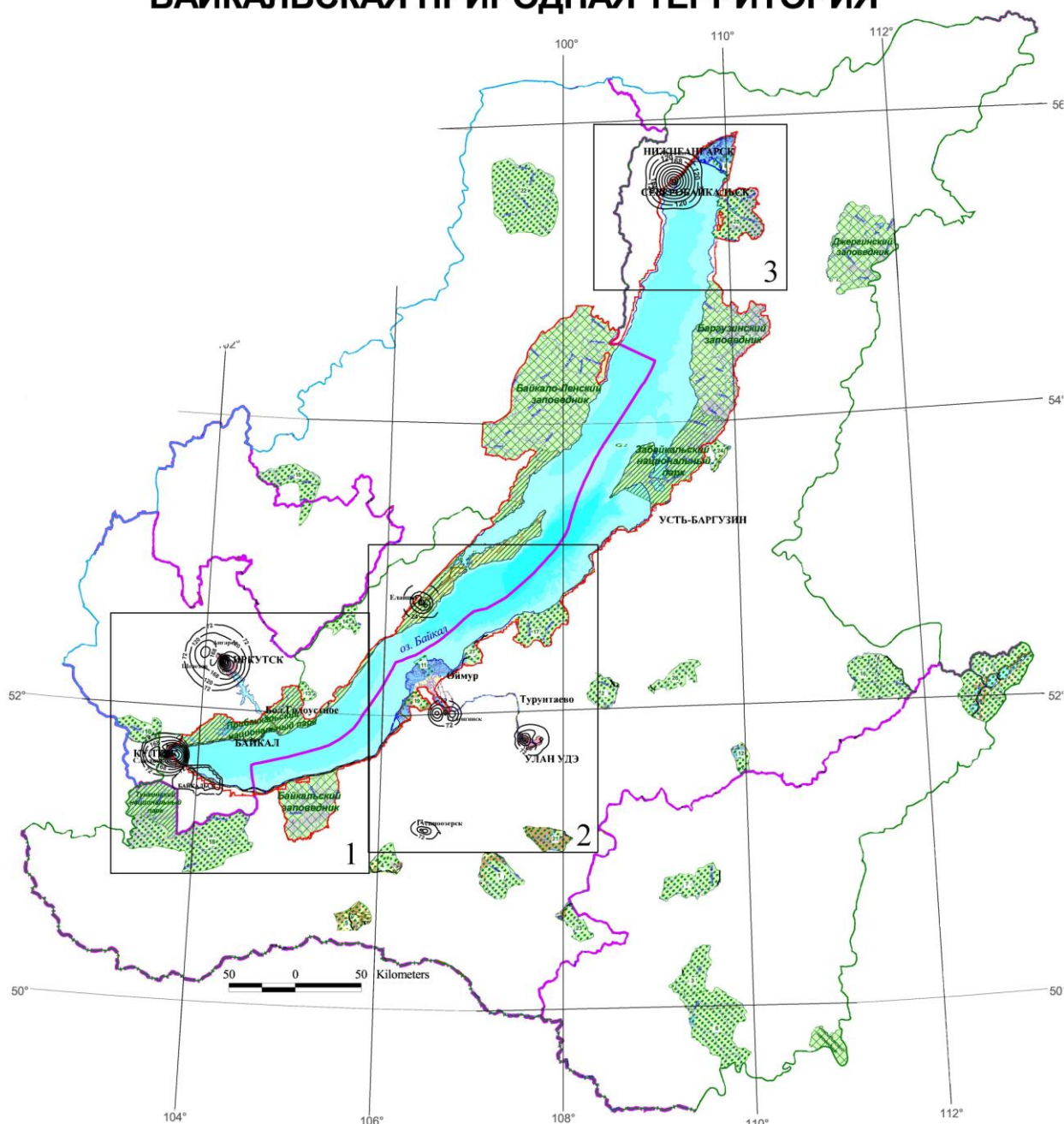
Превышения ПДК<sub>с.с.</sub>=0,04 мг/м<sup>3</sup> диоксида азота в населенных пунктах

Населенный пункт	Максимальное превышение ПДК <sub>с.с.</sub> диоксида азота, в часах	
	в декабре	в июле
1	2	3
Ангарск, Иркутск и Шелехов	420	420
Байкальск	50	115
Горячинск	Отсутствует	Отсутствует
Гусиноозерск	210	220
Еланцы	105	75
Култук и Слюдянка	480	480
Каменск, Кабанск и Селенгинск	240	240
Листвянка	Отсутствует	Отсутствует
Оймур	Отсутствует	Отсутствует
Посольск	Отсутствует	Отсутствует
Северобайкальск	540	400
Таловка	Отсутствует	Отсутствует
Танхой	Отсутствует	Отсутствует
Турунтаево	Отсутствует	Отсутствует
Улан-Удэ	290	290
Усть-Баргузин	Отсутствует	Отсутствует

На рис. 5 изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, оконтуривает область, в которой превышение среднесуточной предельной допустимой концентрации превышает 72 часа в месяц. Далее изо-

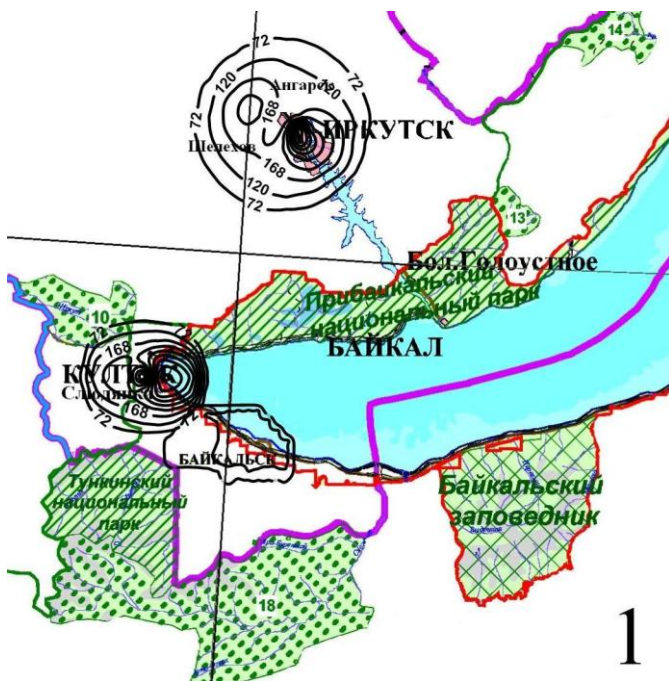
линии проведены с шагом 48 ч (2 суток). Для удобства проведения анализа областей влияния антропогенных источников картосхема была разбита на фрагменты 1,2,3, отображенные соответственно на рис.6,7,8.

## БАЙКАЛЬСКАЯ ПРИРОДНАЯ ТЕРРИТОРИЯ



Заштрихованные территории – территории ООПТ; красная линия оконтуривает центральную экологическую зону (Прибайкалье), черные изолинии оконтуривают область рассеяния загрязняющих частиц от источников выбросов. Изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, оконтуривает область, в которой превышение среднесуточной предельной допустимой концентрации превышает 72 часа в месяц. Далее изолинии проведены с шагом 48 ч (2 суток).

Рис. 5. Картосхема частоты превышения ПДК<sub>с.с.</sub> диоксида азота в Прибайкалье



Заштрихованные территории – территории ООПТ; красная линия очерчивает центральную экологическую зону (Прибайкалье), черные изолинии очерчивают область рассеяния загрязняющих частиц от источников выбросов. Изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, очерчивает область, в которой превышение среднесуточной предельной допустимой концентрации превышает 72 часа в месяц. Далее изолинии проведены с шагом 48 ч (2 суток).

Рис.6. Фрагмент 1 картосхемы частоты превышения ПДК<sub>с.с.</sub> диоксида азота в Прибайкалье

Как видно из рисунка 6 рассеяние выбросов, поступающих от стационарных источников населенных пунктов Ангарск, Иркутск, Шелехов, Слюдянка, Култук и Байкальск, происходит на большие расстояния. В зоне воздействия выбросов загрязняющих веществ находятся такие особо охраняемые природные территории, как Прибайкальский национальный парк и Иркутский заказник.



Заштрихованные территории – территории ООПТ; красная линия очерчивает центральную экологическую зону (Прибайкалье), черные изолинии очерчивают область рассеяния загрязняющих частиц от источников выбросов. Изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, очерчивает область, в которой превышение среднесуточной предельной допустимой концентрации превышает 72 часа в месяц. Далее изолинии проведены с шагом 48 ч (2 суток).

Рис.7. Фрагмент 2 картосхемы частоты превышения ПДК<sub>с.с.</sub> диоксида азота в Прибайкалье



Как видно из рисунка 7 рассеяние выбросов, поступающих от стационарных источников населенных пунктов Гусиноозерск, Улан-Удэ, Еланцы, Каменск, Кабанск и Селенгинск, происходит на большие расстояния. В зоне воздействия выбросов загрязняющих веществ от предприятий п. Еланцы находится Прибайкальский национальный парк.



*Заштрихованные территории – территории ООПТ; красная линия оконтуривает центральную экологическую зону (Прибайкалье), черные изолинии оконтуривают область рассеяния загрязняющих частиц от источников выбросов. Изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, оконтуривает область, в которой превышение среднесуточной предельной допустимой концентрации превышает 72 часа в месяц. Далее изолинии проведены с шагом 48 ч (2 суток).*

Рис.8. Фрагмент 3 картосхемы частоты превышения ПДК<sub>с.с.</sub> диоксида азота в Прибайкалье

Как видно из рисунка 8 рассеяние выбросов, поступающих от стационарных источников г. Северобайкальск, происходит на большие расстояния. Но на особо охраняемые природные территории техногенное влияние не оказывается.

По результатам проведенных расчетов по климатической модели в зоне воздействия выбросов загрязняющих веществ находятся такие особо охраняемые природные территории, как Прибайкальский национальный парк, Забайкальский национальный парк, Иркутский заказник и Верхне-Ангарский заказник. Полученные результаты не противоречат данным, полученным в результате расчетов по стандартной методике оценки загрязнения атмосферного воздуха (ОНД-86).

В результате сравнения результатов расчетов с данными усредненных многолетних (2005-2010 гг.) измерений за содержанием в городском воздухе загрязняющих веществ, проводимых на стационарных пунктах наблюдений (ПНЗ) Иркутского и Забайкальского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды было получено, что расчеты не противоречат данным интегральных наблюдений.

**3. Оценка загрязнения атмосферы по нормативам превышения допустимой концентрации для лесных насаждений показала, что в зоне опасного техногенного воздействия оказываются десять особо охраняемых природных территорий, находящихся в Прибайкалье, из тринадцати рассматриваемых.**

Общепринятых ПДК для растительности пока нет, а санитарно-гигиенические нормативы для загрязняющих веществ в воздухе и воде не пригодны для растительности, так как растительность более чувствительна к химическому загрязнению, чем человек.

В большинстве случаев для оценки состояния растительности в районе воздействия любого объекта используются биотические (геоботанические) критерии, которые не только чувствительны к нарушениям окружающей природной среды, но и наиболее представительны и наилучшим образом помогают проследить зоны экологического состояния экосистемы по размерам в пространстве и по стадиям нарушения во времени.

Растения часто более чувствительны к химическому загрязнению, чем человек, поэтому ПДК загрязняющих веществ в воздухе, используемые в качестве санитарно-гигиенических нормативов, не годятся для растительности (особенно для вечнозеленых деревьев и кустарников). За неимением других следует пользоваться этими нормативами, внося поправки на сопутствующие обстоятельства (состав и существующее состояние растительности, район деятельности).

Сегодня учеными установлено, что лес реагирует на более низкие концентрации содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, чем человек.

По данным, найденным в (Берлянд, 1985; Смит, 1985; Бертитц, 1981; Князева, 2005) проведено сравнение средних суточных и максимальных разовых предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для человека и лесных насаждений (табл.2).

*Таблица 2*

Сравнение средних суточных и максимальных разовых предельно допустимых концентраций вредных веществ для человека и лесных насаждений в воздухе

Вредные вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м <sup>3</sup>			
	для человека		для лесных насаждений	
	максимальные разовые	среднесуточные	максимальные разовые	среднесуточные
1	2	3	4	5
Аммиак	0,2	0,04	0,1	0,04
Взвешенные вещества	0,5	0,05	0,2	0,05
Диоксид серы	0,5	0,05	0,3	0,015
Оксиды азота	0,2	0,04	0,04	0,02



1	2	3	4	5
<i>Оксид углерода</i>	5,0	3,0	5,0	3,0
Сероводород	0,02	0,008	0,008	0,008
Соединения фтора газообразные	0,035	0,005	0,02	0,003
Формальдегид	0,1	0,003	0,02	0,003

При сравнении предельно допустимых концентраций для человека и лесных насаждений видно, что по всем веществам чувствительность лесных насаждений к вредным веществам выше.

Исключение составляет только оксид углерода, лесные растения более устойчивы к его влиянию.

Леса Прибайкалья – важнейшее звено его экологической системы. Они имеют большое противоэрозионное, пылегазоосаждающее, водоохранное значение.

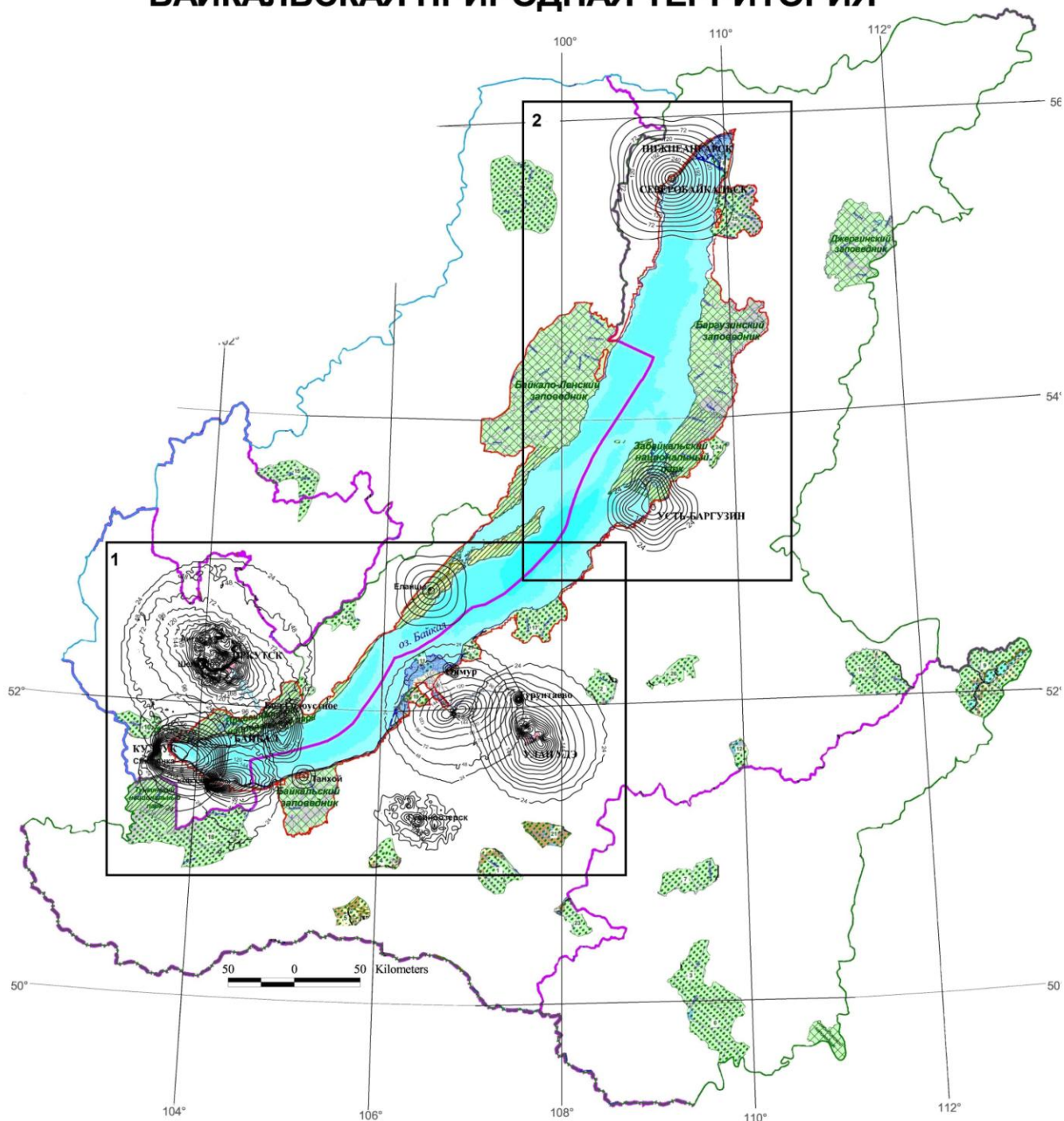
По климатической модели были произведены расчеты для оценки распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Прибайкалья с учетом воздействия на растительность.

В качестве критериев опасности для растительности принимались средние суточные предельно допустимые концентрации для лесных насаждений (табл. 2).

Расчеты были проведены для выбросов диоксида азота (рис. 9).

Было получено, что области загрязнения атмосферы от источников населенных пунктов, расположенных в Прибайкалье, распространяются на значительные расстояния, а в некоторых населенных пунктах, в Танхое, Турунтаево, Оймуре, где ранее не были получены в результате расчетов превышения средних суточных предельно допустимых концентраций, были получены превышения предельно допустимых концентраций для растительности.

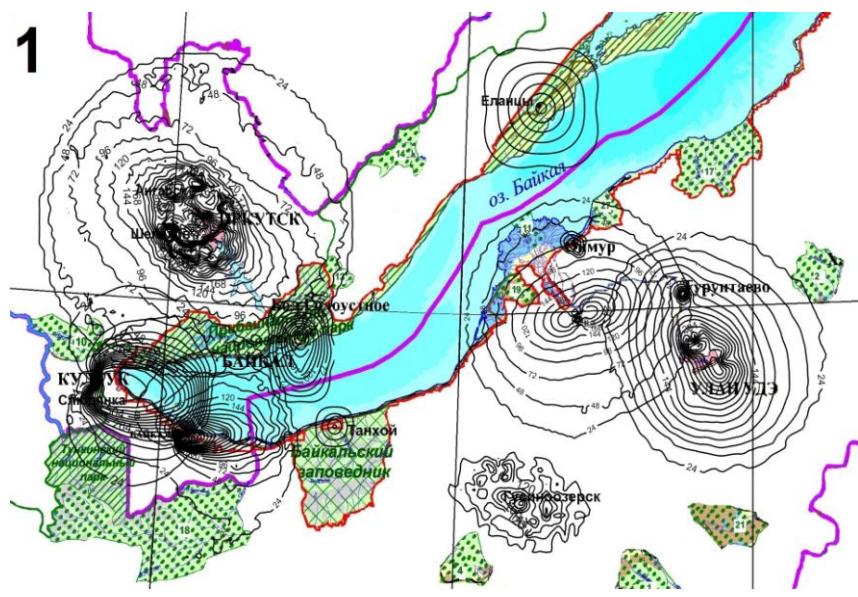
# БАЙКАЛЬСКАЯ ПРИРОДНАЯ ТЕРРИТОРИЯ



Заштрихованные территории – территории ООПТ; красная линия оконтуривает центральную экологическую зону (Прибайкалье), черные изолинии оконтуривают область рассеяния загрязняющих частиц от источников выбросов. Изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, оконтуривает область, в которой превышение предельной допустимой концентрации для растительности превышает 24 часа в месяц. Далее изолинии проведены с шагом 24 ч (сутки).

Рис.9. Картограмма частоты превышения ПДК<sub>раст.</sub> диоксида азота в Прибайкалье

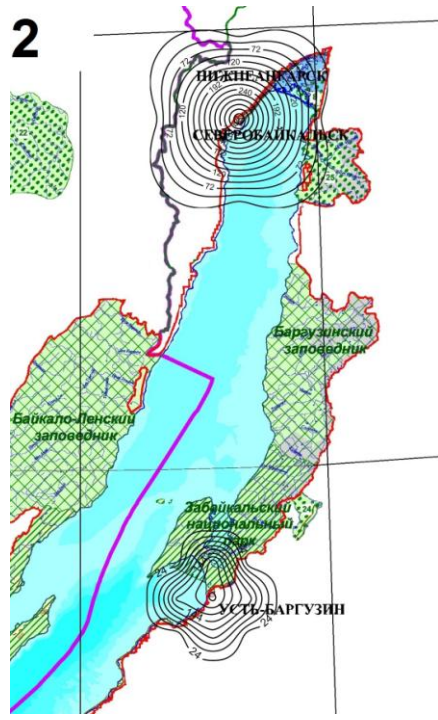
Для удобства картосхема была также разбита на более детальные фрагменты (рис.10, рис.11), как и предыдущие.



*Заштрихованные территории – территории ООПТ; красная линия очерчивает центральную экологическую зону (Прибайкалье), черные изолинии очерчивают область рассеяния загрязняющих частиц от источников выбросов. Изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, очерчивает область, в которой превышение предельной допустимой концентрации для растительности превышает 24 часа в месяц. Далее изолинии проведены с шагом 24 ч (сутки).*

Рис.10. Фрагмент 1 картосхемы частоты превышения ПДК<sub>раст.</sub> диоксида азота в Прибайкалье

Как видно из рис. 10 рассеяние выбросов предприятий Иркутска, Ангарска, Шелехова, Листвянки, Еланцов, Култука, Слюдянки, Байкальска, Гусиноозерска, Селенгинска, Каменска, Улан-Удэ происходит на очень большие расстояния. В зоне антропогенного воздействия оказываются Байкальский заповедник, Прибайкальский национальный парк, Тункинский национальный парк, Иркутский заказник, Кабанский заказник, Снежинский заказник и Энхалукский заказник.



*Заштрихованные территории – территории ООПТ; красная линия очерчивает центральную экологическую зону (Прибайкалье), черные изолинии очерчивают область рассеяния загрязняющих частиц от источников выбросов. Изолиния, охватывающая максимальную область распространения загрязняющих веществ, очерчивает область, в которой превышение предельной допустимой концентрации для растительности превышает 24 часа в месяц. Далее изолинии проведены с шагом 24 ч (сутки).*

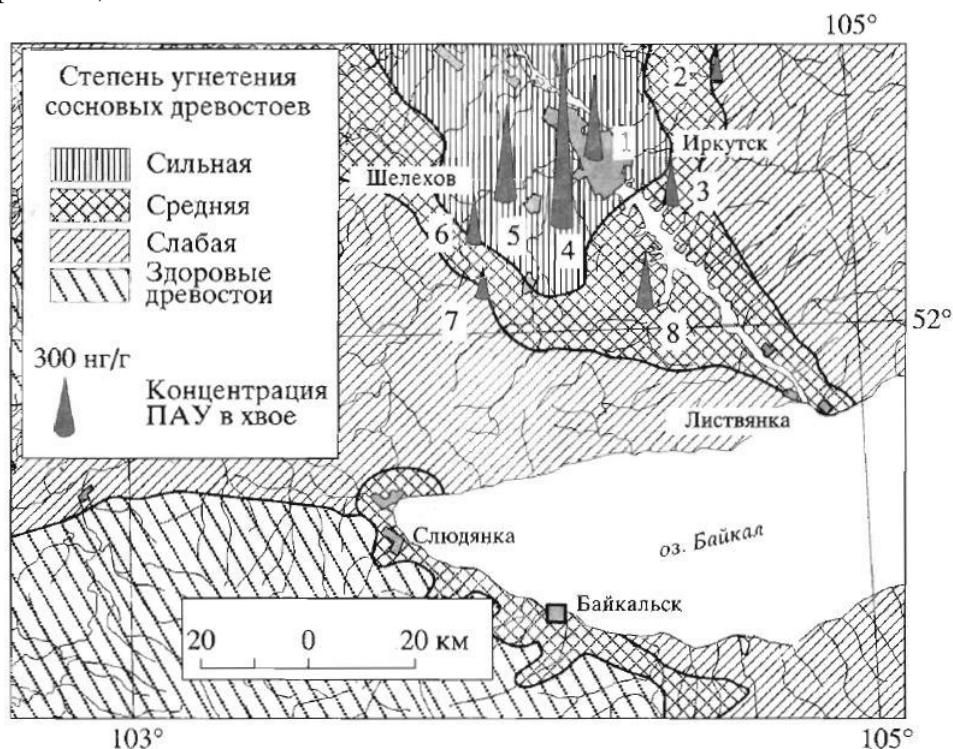
Рис.11. Фрагмент 2 картосхемы частоты превышения ПДК<sub>раст.</sub> диоксида азота в Прибайкалье

В северной части Байкала основными источниками вредных веществ в атмосфере являются предприятия Северобайкальска и Усть-Баргузина. В зоне воздействия выбросов загрязняющих веществ оказываются Забайкальский национальный парк, Верхне-Ангарский и Фролихинский заказники (рис.11).

В результате проведенных расчетов получено, что в зоне воздействия загрязняющих веществ, поступающих от антропогенных источников выбросов, находятся 10 особо охраняемых природных территорий Прибайкалья из 13 рассматриваемых: Байкальский заповедник, Забайкальский, Прибайкальский и Тункинский национальные парки, Верхне-Ангарский, Иркутский, Кабанский, Снежинский, Фролихинский и Энхалукский заказники.

В работе (Горшков, 2006) исследована хвоя сосны обыкновенной как биоаккумулятор стойких органических загрязнителей в условиях резко континентального климата Центральной Азии.

Данные о накоплении в хвое ПАУ – маркеров загрязнения атмосферы стойкими органическими загрязнителями и оценка степени угнетения сосновых древостоев позволили выделить на территории Прибайкалья участки с наибольшим загрязнением атмосферы (рис.12).



*Примечание: Пробные площади: 1 – г. Иркутск (средняя величина для трех участков), 2 – в 12 км от г. Иркутск, 3 – в 20 км от г. Иркутск, 4 – в 3 км от алюминиевого завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ», 5 – в 10 км от алюминиевого завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ», 6 – в 8 км от алюминиевого завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ», 7 – в 22 км от алюминиевого завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ», 8 – в 24 км от алюминиевого завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ».*

Рис. 12. Карта оценки степени угнетения сосновых древостоев на территории Прибайкалья. Концентрации ПАУ в хвое сосны обыкновенной (Горшков и др., 2006)



Авторами (Горшков и др., 2006) выделено 4 зоны по степени угнетения сосновых древостоев: здоровые древостои, слабая, средняя и сильная степень угнетения сосновых древостоев. Сильная и средняя степень угнетения сосновых лесов наблюдается в долине реки Ангара, в результате северо-западного переноса загрязняющих веществ от гг. Иркутск, Шелехов, а также выбросов локальных источников п. Листвянка. Также средняя степень угнетенности сосновых древостоев наблюдается в районе гг. Слюдянка и Байкальск.

Проведя сравнение карт, полученных исследователями из Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН, и картосхем, полученных нами в результате расчетов по климатической модели, можно судить о том, что наши расчеты не противоречат данным, полученным в результате исследования лесов Прибайкалья. И границы зон, выделенных авторами (Горшков и др., 2006) по степени угнетения лесов Прибайкалья, качественно совпадают с границами областей распространения загрязняющих веществ от антропогенных источников выбросов, полученных нами в результате расчетов по климатической модели, то свидетельствует о применимости климатической модели для оценки влияния загрязнения воздуха на растительность Прибайкалья.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Природные охраняемые территории лишь по своей форме выглядят как «пассивная» охрана природы. На самом деле они выступают как регуляторы экологического равновесия – одной из самых эффективных форм природопользования. Поэтому необходимо использовать различные методы диагностирования и прогнозирования влияния на эти территории антропогенных выбросов от источников промышленных предприятий береговых и сопредельных территорий.

2. Климатические условия Прибайкалья способствуют тому, что примеси от источников выбросов загрязняющих веществ концентрируются преимущественно вблизи своих источников, создавая высокий потенциал загрязнения атмосферы. Однако в декабре из-за больших температурных перепадов между акваторией Байкала, который к этому времени еще не покрыт льдом, и побережьем возникают сильные ветры, переносящие примеси на более дальние расстояния.

3. В результате обработки 8-срочных ежедневных данных метеорологических наблюдений за 15 лет (1995-2010 гг.), характеризующих климат Прибайкалья получены климатические эллипсы рассеяния ветрового потока и выявлены месяцы, неблагоприятные для рассеяния примесей – июль, август.

4. Анализ влияния метеорологических условий на процессы распространения атмосферного загрязнения в Прибайкалье показывает, что рассеяние потенциальных и существующих примесей наилучшим образом происходит на территориях, близлежащих к метеостанциям: Култук, Исток Ангары, Большое Голоустное, Бабушкин, Хужир, Узур, Большой Ушканий остров и Солнечная.

5. Моделирование рассеяния загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от антропогенных источников Прибайкалья, показало, что как на территории промплощадок, так и за ее пределами, в течение года превышения ПДК<sub>с.с.</sub> различных

веществ колеблются от 24 ч до 744 ч в месяц. По результатам проведенных расчетов в зоне воздействия выбросов загрязняющих веществ находятся такие особо охраняемые природные территории, как Прибайкальский национальный парк, Забайкальский национальный парк, Иркутский заказник и Верхне-Ангарский заказник.

6. Сравнивая результаты расчетов с данными усредненных многолетних (2005-2010 гг.) измерений за содержанием в воздухе загрязняющих веществ, проводимых на стационарных пунктах наблюдений (ПНЗ) Иркутского и Забайкальского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, получено, что расчеты не противоречат данным интегральных наблюдений.

7. В результате проведенных расчетов по определению техногенного воздействия на растительность особо охраняемых природных территорий Прибайкалья получено, что техногенному воздействию подвержены Байкальский заповедник, Забайкальский национальный парк, Прибайкальский национальный парк, Тункинский национальный парк, Верхне-Ангарский заказник, Иркутский заказник, Кабанский заказник, Снежинский заказник, Фролихинский заказник и Энхалукский заказник, т.е. десять особо охраняемых природных территорий, находящихся в Прибайкалье, из тринадцати рассматриваемых. Получено качественное совпадение границ области загрязнения и границ угнетения лесов Прибайкалья.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Вологжина С.Ж. Особо охраняемые природные территории побережья озера Байкал // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2010. – Т.3, №2. – С. 50-60.

2. Вологжина С.Ж. Оценка загрязнения воздушного бассейна г. Улан-Удэ // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2011. – Т.4, №1. – С. 48-59.

3. Вологжина С.Ж. Загрязнение атмосферного воздуха Байкальской котловины / А.В. Аргучинцева, С.Ж. Вологжина // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2011. – Т.4, №2. – С. 28-41.

#### **В других изданиях**

4. Вологжина С.Ж. Тенденции и уровень решения проблемы оценки загрязнения атмосферы / А.В. Аргучинцева, В.К. Аргучинцев, С.Ж. Вологжина // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2009. – Т.2, №2. – С. 20-36.

5. Вологжина С.Ж. Модели и методы для решения задач охраны окружающей среды / А.В. Аргучинцева, В.К. Аргучинцев, С.Ж. Вологжина // Пятая Верещагинская байкальская конференция, Международная научная школа для молодежи «Экология крупных водоемов и их бассейнов», 16 объединенный семинар по про-

блемам изучения региональных осадений из атмосферы: Тезисы докладов и стендовых сообщений (Иркутск 4-9 октября 2010 г.). – Иркутск: Изд-во ОАО «Иркутская областная типография №1», 2010. – С. 207-208.

6. Вологжина С.Ж. Потенциал самоочищения атмосферы в Байкальской котловине // Вестник Иркутского университета: ежегод. науч.-теорет. конф. аспирантов и студентов: материалы. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос.ун-та, 2010. – С. 93-94.

7. Вологжина С.Ж. Климатические особенности рассеивающей способности атмосферы в котловине озера Байкал / А.В. Аргучинцева, С.Ж. Вологжина // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2010. – Т.3, №1. – С. 3-17.

8. Вологжина С.Ж. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха Байкальской котловины (на примере выбросов локомотивоворемонтного завода г. Улан-Удэ) // Природа и общество: взгляд из прошлого в будущее: материалы XVII научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока (11-16 апреля 2011 г.). – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 124-125.

9. Вологжина С.Ж. Оценка распространения выбросов предприятий города Улан-Удэ // Проблемы устойчивого развития региона: мат-лы VI школы-семинара молодых ученых России (Улан-Удэ, 2011 г.). – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2011. – С. 48-50.

10. Вологжина С.Ж. Моделирование загрязнения приземного слоя атмосферы Байкальского региона (на примере г. Улан-Удэ) // Современные технологии и результаты геологических исследований в изучении и освоении недр Земли: научные работы лауреатов Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области наук о Земле Всероссийского Фестиваля науки. Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – С.457-461.

11. Вологжина С.Ж. Моделирование загрязнения приземного слоя атмосферы Байкальского региона // Международная Байкальская молодежная научная школа по фундаментальной физике «Физические процессы в космосе и околоземной среде», XII конференция молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом»: Тезисы докладов. – Иркутск, 2011. – С. 87-88.

12. Вологжина С.Ж. Экологическое состояние воздушного бассейна города Улан-Удэ // Вестник Иркутского университета / ФГБОУ ВПО «ИГУ»; [редкол.: О.А. Эдельштейн, Г.В. Логунова]. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2011. – Вып.14. – С.77-78.

13. Вологжина С.Ж. Оценка загрязнения атмосферного воздуха (на примере городов Иркутск, Ангарск и Шелехов) // Материалы XVI международной экологической студенческой конференции «Экология России и сопредельных территорий». – Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2011. – С. 164.

14. Вологжина С.Ж. Моделирование загрязнения приземного слоя атмосферы Байкальского региона // Труды XII Конференции молодых ученых «Взаимодействие полей и излучения с веществом». – Иркутск: Изд-во ИСЗФ СО РАН, 2011. – С. 317-319.