



На правах рукописи

**ПРИМАЧЕНКО Елена Ивановна**

**КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА  
НА ПРИМЕРЕ МОРДОВИИ**

25. 00. 33 — картография

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

Москва - 2003

Работа выполнена на кафедре картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова

Научный руководитель:  
кандидат географических наук,  
доцент

С. В. Чистов

Официальные оппоненты:

доктор географических наук,  
профессор

Т. В. Верещака

доктор географических наук,  
профессор

С. П. Евдокимов

Ведущая организация:            Институт географии РАН

Защита состоится 27 ноября 2003 года в 15-00 ч. на заседании диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криологии Земли, картографии, геоинформатике (Д-501.001.61) в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова по адресу: 119992, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ, географический факультет, аудитория 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ на 21 этаже.

Автореферат разослан «24» октябрь 2003 г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим отправлять по адресу: 119992, Москва, ГСП-2, Ленинские Горы, МГУ, географический факультет.  
Факс: (095) 939-38-01. e-mail: geosco@geogr.msu.ru

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
профессор

 Ю. Ф. Книжников

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Одной из наиболее актуальных и сложных проблем современной географической науки является картографическое обеспечение экологической безопасности России. Создание экологических карт необходимо для изучения и анализа современного состояния окружающей среды; процессов, происходящих в природе; масштабов и степени ее нарушенности и загрязнения; источников нарушений; характера и масштабов экологических последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного происхождения; прогноза процессов трансформации загрязняющих веществ и способности природы к «самоочищению».

Экологическое картографирование, научные основы которого в России заложил академик В. Б. Сочава, изначально ориентировано на разработку принципов и методов картографического моделирования.

Высокая информационная емкость картографических материалов, достигаемая за счет интенсивного развития отраслевых наук о Земле и технического совершенствования картографической знаковой системы, наглядность и доступность карт для пространственного анализа и обобщения позволяют выявлять экологические проблемы, осуществлять мониторинг природной среды, прогнозировать изменения в процессе антропогенного воздействия. В качестве особого объекта, позволяющего определить взаимодействие техногенных систем с природной средой по всей сложной цепи «воздействия – нарушения – последствия», выступает снежный покров.

Снежный покров как естественный планшето-накопитель дает действительную величину сухих и влажных выпадений в холодный сезон, а также является эффективным индикатором загрязнения атмосферы такими веществами, например, как сульфаты, нитраты, тяжелые металлы, хлорорганические пестициды. Поэтому снежный покров может быть использован для решения сложных географических задач – определения состава и мощности выбросов предприятий, доли вещества, увлекаемого в дальний и локальный перенос.

Проведенное нами исследование показало, что к настоящему времени методы картографического моделирования состояния природной среды на основе изучения загрязнения снежного покрова на региональном уровне разработаны недостаточно. Это и определило выбор темы данной диссертации.

**Цель работы:** разработка и практическая апробация методики создания серии карт загрязнения снежного покрова (на примере территории Республики Мордовия). Исходя из этого в работе поставлены следующие задачи:

- 1) проанализировать методы изучения загрязнения территории на основе исследования и картографирования химического состава снежного покрова;
- 2) определить место и роль карт загрязнения снежного покрова в серии карт загрязнения окружающей среды;
- 3) разработать общую методику картографирования загрязнения снежного покрова с учетом особенностей исходных данных;
- 4) на основе созданной серии карт загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами выделить на территории Республики Мордовия районы с проблемно-экологическими ситуациями.
- 5) выявить географические факторы природного и социально-экономического характера, определяющие условия формирования территорий с проблемно-экологическими ситуациями.

**Методика исследования.** Исследование проведено на основе научно-методических принципов и идей комплексного и эколого-географического картографирования, заложенных К. А. Салищевым, И. П. Заруцкой, А. Г. Исаченко, Б. И. Кочуровым, Б. А.

Новаковским, В. Б. Сочаевой, В. И. Стурманом, А. Н. Чумаченко и другими. В части эколого-геохимических исследований эти принципы разработаны М. А. Глазговской, Н. Ф. Глазговским, Н. С. Касимовым, В. А. Николаевым, А. И. Персельманом и другими. Работа также опиралась на достижения в области геоинформационного картографирования, полученные в результате исследований А. М. Бердянта, В. Т. Жукова, С. М. Кошеля, И. К. Лурье, О. Р. Мусина, Б. А. Новаковского, В. С. Тикулова, С. Н. Сербенюка и других ученых. Диссертация подготовлена на основе личных исследований автора с 1994 по 2003 год, а также материалов, собранных в Научно-производственном центре экологических исследований при Мордовском государственном университете им. Н. П. Огарева.

**Научная новизна и значение работы.** В процессе проведенного исследования:

- проанализированы современные методы изучения и картографирования загрязнения территории с использованием данных загрязнения снежного покрова для экологической оценки территорий регионального уровня;
- определено на региональном уровне значение и место карт загрязнения снежного покрова в серии карт оценки загрязнения природной среды;
- разработана методика создания серии карт загрязнения снежного покрова по данным нерегулярной сети, которая включает: предварительный анализ результатов полевых исследований, выбор и обоснование методов интерполяции с учетом географических особенностей территории и характера исходных данных, создание картографических моделей.
- создана серия оценочных аналитических и синтетических карт загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами на территории Республики Мордовия;
- выполнено эколого-географическое районирование территории Республики Мордовия с выделением районов с проблемно-экологическими ситуациями.

**Практическая ценность работы.** Полученные в ходе работы над диссертацией методические результаты позволяют совершенствовать методы построения серий карт загрязнения окружающей среды, оптимизировать локальную сеть мониторинга по территории РМ, разработать мероприятия по улучшению экологической обстановки в регионе. В целом работа имеет прикладное значение и ориентирована на ее использование в органах управления природопользованием на уровне субъектов РФ.

Сформулированные автором принципиальные положения экологического картографирования регионального уровня реализованы в оригинальных учебно-методических материалах для студентов географического факультета Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева. Их внедрение позволило существенно повысить теоретический уровень и практическую направленность проводимых занятий. Положения диссертационного исследования используются на лекционных и практических занятиях по курсам "Проектирование и составление карт", "Эколого-географическое картографирование".

**Апробация.** Работа выполнена на кафедре картографии и геоинформатики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Результаты исследований обсуждались на НТС Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Министерства природных ресурсов РФ по Республике Мордовия, а также неоднократно докладывались на ежегодных Огаревских чтениях и конференциях молодых ученых Мордовского государственного университета (1996–2002 гг.).

По теме работы опубликовано 10 научных работ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержащего 164 наименования. Объем работы – 150 страниц текста, 12 таблиц, 32 рисунка.

**Автор выражает глубокую благодарность** заведующему кафедрой картографии и геоинформатики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова доктору географических наук профессору А. М. Берлянту за большую помощь, оказанную при проведении исследований и написании диссертации; научному руководителю кандидату географических наук доценту кафедры картографии и геоинформатики С. В. Чистову за методическую помощь и консультации по содержанию диссертации. Автор благодарит кандидата технических наук доцента кафедры геодезии, картографии и геоинформатики Мордовского университета Н. Г. Ивлиеву за помощь и ценные консультации в ходе проведения работы, а также научного руководителя НПЦ экологических исследований при Мордовском университете доктора географических наук профессора А. А. Ямашкина, оказавшего поддержку в организации работ по сбору фактического материала и написании диссертации.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### **Глава 1. Снежный покров как индикатор загрязнения природной среды**

Использование картографических методов при исследованиях процессов загрязнения окружающей среды позволяет привязать с требуемой пространственной детальностью и конкретностью географические информационные материалы к конкретной территории, зафиксировать на карте установленные и исследуемые природные и техногенные закономерности, получить выводы и оценки, характеризующие изучаемую территорию (Жуков, Новаковский, Чумаченко, 1999).

Проблема загрязнения окружающей среды химическими элементами приобрела большое значение с ростом урбанизации, в процессе которой на небольшой территории концентрируется значительное число разнообразных производств и большое количество населения. В урбанизированных зонах выбросы многочисленных источников загрязняют воздушный бассейн. Опыт геохимических исследований (Саэт, Смирнова, 1983) показывает, что существуют функциональные связи между выбросами и твердофазными выпадениями из атмосферы на земную поверхность. Это позволяет использовать природные среды, депонирующие выпадения, для картографирования источников загрязнения и зон их воздействия.

Основная часть загрязнений окружающей среды поступает в результате воздушного переноса. Картографирование атмосферных загрязнений затруднено, с одной стороны, сложностью сбора информации, а с другой – динамичностью атмосферы, даже в суточных циклах. Поэтому для характеристики состояния воздушного бассейна используют снежный покров (Олигер, Юрьев, 1993).

Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждаёт из атмосферы на земную поверхность значительную часть продуктов техногенеза. Средняя концентрация загрязняющих веществ в воздухе за длительный период существования устойчивого снежного покрова является экологической и санитарно-гигиенической характеристикой его загрязнённости. Изучение химического состава снежного покрова позволяет выявить пространственные ареалы загрязнения и рассчитать реальную поставку загрязняющих веществ в ландшафты в течение периода с устойчивым снежным покровом (100 – 130 дней) (Касимов, 1995).

Основным методом изучения структуры загрязняющих веществ в депонирующих природных компонентах окружающей среды с учетом его зонального распространения является метод геохимического картографирования (Нефедова, Спектор, 1975). Существует

несколько методик по проведению снегогеохимической съемки. В данном исследовании рассматривается методика, применяемая в подразделениях Министерства природных ресурсов РФ (Методические рекомендации..., 1990). На основе проведенного анализа существующих методик было установлено, что они относятся к конкретным точкам и не дают возможности выявить пространственные закономерности загрязнения снежного покрова, который как один из видов атмосферных осадков выступает явлением сплошного распространения. Для такого вида явлений в картографии применяют *метод построения карт изополей* по точкам, содержащим данные снегоотбора. Но при их построении рекомендуется использовать равномерную сеть опробования. При использовании неравномерной сети возникает проблема поиска методов, обосновывающих примесные методы аппроксимации, а также выбора границ участков, где имеются данные репрезентативны. Для целей картографирования огромное значение имеют первичная обработка исходных данных, привлечение методов статистического анализа

Информативность снежного покрова как индикатора состояния окружающей среды возрастает, если привлекается серия карт, отражающая особенности природной дифференциации территории и размещение техногенных систем. В процессе моделирования состояния окружающей среды анализ серий карт на базе региональной геоинформационной системы позволяет создать серию производных прикладных карт для оптимизации экологического состояния региона.

Таким образом, автором установлено, что исследования снежного покрова позволяют определить количество загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, а использование методов картографического моделирования дает возможность выявить пространственные ареалы загрязнения и дать им эколого-географическую оценку.

## **Глава 2. Оценка современного экологического состояния Республики Мордовия**

Комплексный анализ природных и социально-экономических особенностей территории Республики Мордовия позволяет определить основные факторы, влияющие на экологическое состояние окружающей среды данной территории.

В настоящий момент основные выводы об экологическом состоянии территории Республики Мордовия базируются на данных статистической отчетности, содержащихся в ежегодных государственных докладах о состоянии окружающей среды. В последние годы на территории Мордовии отмечается некоторое сокращение выбросов загрязняющих веществ (Государственный доклад..., 2002). В 2002 году общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу составил 122,156 тыс. т, в том числе от стационарных источников – 54,356 тыс. т (44,5 % от общего объема выбросов), от передвижных – 67,8 тыс. т (55,5 %). Более 90 % всех выбросов от стационарных источников загрязнения приходится на пять основных отраслей: производство строительных материалов (39,7 %), предприятия топливно-энергетического комплекса (39,2 %), сельское хозяйство (8,2 %), жилищно-коммунальное хозяйство (4,0 %), машиностроение и металлообработка (3,4 %). В общем объеме выбросов преобладают газообразные и жидкие примеси, их доля составляет 63,8 %, выбросы твердых примесей составляют 36,2%. Наибольшее количество веществ 1 и 2 класса опасности выбрасывается отраслями: электротехнической, химической и нефтехимической, медицинской и другими. В большинстве районов республики свыше половины выбросов осуществляет сельскохозяйственные предприятия.

Геохимическое картографирование позволяет выявить закономерности выпадения загрязняющих веществ. Использование данных отбора проб при снегогеохимической съемке дает возможность определить ареалы загрязнения снежного покрова, в частности, тяжелыми металлами как наиболее опасными веществами для здоровья человека, а также локальные

участки, связанные не только с региональным загрязнением, но и с трансграничным переносом и глобальными выпадениями загрязняющих веществ.

Устойчивый снежный покров на значительной части территории республики образуется в последней декаде ноября или начале декабря. Наибольшей высоты он достигает в конце февраля – начале марта: 40 – 55 см на западе, 35 – 40 см на востоке и лежит в среднем 145 – 152 дня. В зимний период четко выражены господствующие ветры, в основном юго-западного направления, силой – 3-5 м/с. Ветровой режим формируется под влиянием циркуляционных факторов и местных физико-географических особенностей. Значительная пересеченность местности восточных районов республики способствует неравномерному распределению снега, сносу его в овраги, балки и другие эрозионные понижения рельефа. В малых эрозионных формах создается четко выраженная снеговая асимметрия, которая оказывает серьезное влияние на избирательный ход формирования весеннего стока в овражно-балочных системах и на развитие склоновых поверхностей разной экспозиции.

В зимнее время чаще всего обнаруживается повышение уровня загрязнения. Это в первую очередь характерно для антициклонической погоды, когда при низких температурах воздуха устанавливается устойчивая термическая стратификация. Кроме того, при понижении температуры увеличивается количество сжигаемого топлива и, следовательно, объем выбросов вредных веществ в атмосферу.

На уровень загрязнения снежного покрова оказывает влияние взаимодействие воздушных масс с макрорельефом. Нередко источники вредных примесей и жилые массивы размещаются в пересеченной местности. В пониженных формах рельефа чаще застаивается воздух, под влиянием неровностей изменяется характер движения и турбулентный режим воздушных потоков, что вызывает существенное изменение распределения концентрации выбросов. Максимально их накопление на территории республики наблюдается на северо-восточных склонах, т. е. на обратной по отношению к господствующему направлению перемещения воздушных масс.

Современные ландшафты Мордовии в значительной степени изменены хозяйственной деятельностью человека. Наибольшее распространение имеют селитебные, сельскохозяйственные, гидромелиоративные, лесохозяйственные, рекреационные антропогенные ландшафты. Вся территория в геохимическом отношении подразделяется на две крупные области, соответствующие лесостепным ландшафтам Приволжской возвышенности, с одной стороны, и лесным ландшафтам Окско-Донской низменности – с другой. Экологический потенциал ландшафтов характеризуется их способностью накапливать, преобразовывать продукты техногенеза с сохранением благоприятных условий для проживания – чистого воздуха, воды, продуктов питания.

*В широколиственно-лесных ландшафтах низменных аллювиальных, древнеаллювиальных и аллювиально-запрудовых песчаных и супесчаных равнин на протяжении длительной истории хозяйственного освоения преобладали промысловые, а позднее лесохозяйственные типы освоения. Поэтому, несмотря на слабую устойчивость природных комплексов к техногенному воздействию, они отличаются наименьшей изменчивостью. Ядра техногенного воздействия расположены в основном в районных центрах Ковылкино, Краснослободск, Ельников, Темников, Теньгушево, Зубова Поляна. Мониторинг снежного покрова показал, что ореолы загрязнения с низким и средним уровнями образуются вокруг города Ковылкино, в Ельниковском, Темниковском, Теньгушевском районах. Наиболее крупные источники выбросов загрязняющих веществ сосредоточены в п. Зубова Поляна, п. Ширингуши, вдоль железнодорожной ветки Потьма – Барашево. Снеговая пыль на территориях, прилегающих к промышленным предприятиям, и вдоль отдельных участков шоссе Москва – Самара содержит цинк, свинец, серебро, олово, медь. Техногенные ореолы имеют локальный характер.*

В лесостепных ландшафтах вторичных моренных и эрозионно-денудационных равнин под влиянием промышленных геотехнических систем (Саранск, Рузаевка, Чамзинка, Комсомольский, Ардагов, Тургенево и др.) формируются контрастные антропогенные геохимические аномалии. В данных ландшафтах почвенный покров более устойчив к кислотным воздействиям и загрязнению тяжелыми металлами. Чаще всего в почвах отмечаются повышенные концентрации свинца, цинка, ванадия, стронция, меди и молибдена, реже – кобальта, никеля, бария и иттрия. Максимально накопление большинства химических элементов в почвах наблюдается на территориях городов Саранск и Рузаевка. Содержание свинца и цинка на отдельных участках здесь превышает фоновые значения более чем в 10 раз. Изменение кислотности почв в результате выпадения кислотных дождей приводит к увеличению подвижных форм тяжелых металлов, что обуславливает их поступление в растительный покров, подземные и поверхностные воды.

Исследования миграции тяжелых металлов, выполненное при эколого-геохимических исследованиях, показало, что основная их часть растворяется в талой воде. Находясь в подвижной форме, они способны быстро проникать в поверхностные и подземные воды, пищевую цепь и организм человека.

Между содержанием металлов в атмосферном воздухе и выпадением их на территории республики, что фиксируется в виде аномалий в почве и снежном покрове, существуют количественные связи, установленные геохимическими и гигиеническими исследованиями. При этом снеговая пыль отражает загрязнение атмосферного воздуха в период исследования, а накопление металлов в поверхностном слое почв является результатом многолетнего техногенного воздействия. Выбросы загрязняющих веществ оказывают отрицательное воздействие на элементы геосистем, а также на функционирование промышленных предприятий, состояние аграрных, лесохозяйственных и рекреационных ландшафтов. Во всех изученных ландшафтах участки загрязнения фиксируются в населенных пунктах и в зонах, удаленных от промышленных объектов на 10-15 км.

Наиболее интересные закономерности прослеживаются при анализе относительной нагрузки на территорию Высокая, очень высокая, средняя нагрузка выбросов (более 0,5 т/км<sup>2</sup> в год) протянулась с западной окраины Мордовии на восток и северо-восток через наиболее промышленно развитые районы. Данная картина хорошо согласуется с выводами, полученными при совместном анализе загрязнения снежного покрова и почв тяжелыми металлами. Именно в этих районах происходит наиболее активное их накопление.

Таким образом, эколого-геохимический анализ территории позволяет определить пути поступления загрязняющих веществ в ландшафты и природные воды, дать характеристику их современного состояния и наметить пункты для мониторинга.

### **Глава 3. Картографирование экологического состояния территории Республики Мордовия на основе исследований загрязнения снежного покрова**

Для создания серии карт загрязнения снежного покрова потребовалось разработать определенную методику, которая включает ряд этапов (рис. 1). На первом этапе важно было определить цели работ и источники информации, необходимые для разработки содержания серии карт, а также выбрать и обосновать масштаб, элементы содержания картографической основы.

Для определения объема загрязняющих веществ, поступающих в ландшафты в результате выбросов в атмосферу, в соответствии с разработанными методическими рекомендациями (Методические рекомендации... ,1990), НИЦ экологических исследований при Мордовском университете в 1994 году была выполнена снегогеохимическая съемка.



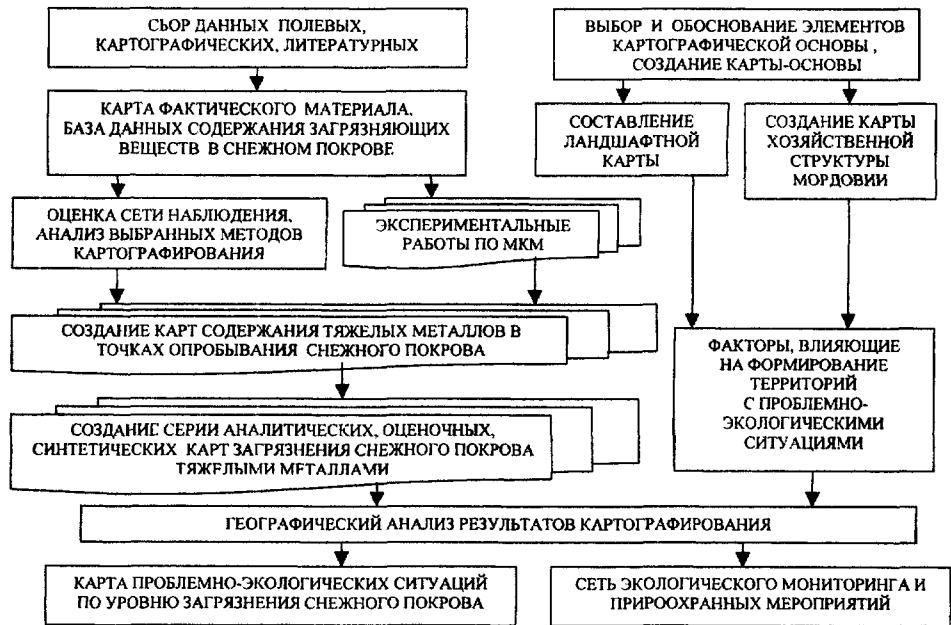


Рис. 1. Схема исследования и картографирования загрязнения снежного покрова

В качестве основы использовалась общегеографическая карта на территории Республики Мордовия масштаба 1 : 500 000. По результатам снегогеохимической съемки была создана база данных и построена карта точек отбора проб снега. Места отбора проб не создают регулярной сети и в основном повторяют систему дорог. В восточной части территории, имеются существенные разрывы.

На *втором этапе* по данным, полученным в результате обработки проб снега, были построены карты содержания свинца (Pb), цинка (Zn), марганца (Mn). Выбор этих показателей обусловлен тем, что основные выбросы загрязняющих веществ на территории Республики Мордовия осуществляются подвижными источниками, а также особенностью отбора проб снега (вдоль автодорог). Кроме того, в выбросах местных стационарных источников помимо свинца и цинка присутствует и марганец, что связано с существующими видами производства (машиностроение, металлообработка). Выбросы всех остальных тяжелых металлов приурочены к локальным местам и не носят регионального характера.

Карты фактического материала показывают содержание тяжелых металлов в точках отбора проб снега. Размер значка характеризует концентрацию (мг/кг) свинца, цинка и марганца в отдельных зонах территории Мордовии. Предлагается использование условно-ступенчатой неравномерной шкалы.

Для построения аналитических карт содержания свинца, цинка, марганца в снежном покрове были выполнены экспериментальные работы по математико-картографическому моделированию. Для решения задачи автоматизированного построения моноэлементных карт загрязнения различных депонирующих сред используются методы моделирования поверхностей загрязнения, что является частью технологии, используемой при эколого-геохимической оценке территорий.

Алгоритмы моделирования поверхностей по сети отбора точек относительно хорошо разработаны (Копель, Мусин, Свентек, Сербенюк, 1987,1990, 2000) и включены во многие ГИС и другие программные продукты (Surfer, MAG, модуль Spatial Analyst в Arc View). Они основаны на построении карт изополей, которые предполагают непрерывный характер распространения исследуемой качественной характеристики.

В результате анализа проведенных экспериментальных исследований была выбрана наиболее оптимальная плотность сетки (GRID). Критерии оптимальности определялись, с одной стороны, плотностью точек пробоотбора, с другой – необходимостью создания карт среднего и мелкого масштабов.

При нерегулярной сети расположения пунктов отбора проб, как правило, применяются следующие методы математической интерполяции: средневзвешенная интерполяция, аналитическая сплайн-интерполяция, кусочно-полиномиальная интерполяция, кригинг-интерполяция.

Между значениями в точках, удаленных друг от друга на расстояние более 10 км, нет никакой связи, поэтому такие методы моделирования как средневзвешенная аппроксимация, метод Кригинга неправомерно, поскольку они основаны на использовании для интерполяции данных в соседних точках. Это подтвердилось при построении экспериментальных вариограмм по исследуемым элементам загрязнения снежного покрова. Проведенный анализ позволил ограничить территорию и выделить участки, которые использовались в дальнейших исследованиях. С использованием функции построения буферных зон модуля расширения Spatial Analyst ГИС ArcView были построены области, удаленные от точек опробования снежного покрова на расстояние не более 10 км.

Особое внимание было уделено характеру размещения исходных точек по всей территории, так как, задавая количество точек, используемых в расчете интерполируемого значения, мы не только придаем методам локальный характер, но тем самым предопределяем наличие пустых элементов раstra. В результате при компьютерном

картографировании на картах в ранее выделенной области исследования появляются дополнительные участки, в которых явление не изображается.

Разные методы интерполяции, предлагаемые пакетом Surfer, позволяют строить цифровые модели загрязнения снежного покрова с различной точностью. При их сравнении с исходной картой точек отбора проб стало очевидным, что для элементов с довольно большим разбросом показателей по абсолютным значениям наиболее подходящими являются методы Кригинга, средневзвешенной интерполяции. Они наиболее адекватно отображают распространение Mn, Pb, Zn по территории Мордовии. Сглаживающие методы искажают картину распределения данных элементов в снежном покрове, поэтому их использовать не рекомендуется.

Для оценки распространения по территории тяжелых металлов были построены карты загрязнения снежного покрова на основе сравнения их концентраций в снеге с фоновыми значениями, принимаемыми за единицу (рис.2, рис.3).

Полученная серия карт позволила определить участки на территории республики, где превышение концентрации тяжелых металлов над фоном составляет десятки и сотни раз. При сравнении выделенных ареалов с картой точек пробоотбора и картой источников загрязнения были выявлены основные «виновники» формирования проблемно-экологических ситуаций.

При геохимическом исследовании снежного покрова наряду с исследованием содержания отдельных химических элементов изучено и проанализировано суммарное загрязнение тяжелыми металлами. Суммарный показатель нагрузки указывает, во сколько раз выпадение химических элементов на той или иной территории превышает данный показатель на фоновом участке.

Проведенные исследования и выполненное картографическое моделирование на основе данных о содержании тяжелых металлов в снежном покрове позволили провести районирование территории Мордовии по уровню загрязнения. Анализ состояния снежного покрова на ее территории показывает, что для большей части республики характерен слабый уровень загрязнения. Низкий уровень отмечается возле некоторых населенных пунктов и на отдельных участках автодорог. Площадь аномальных зон варьирует от 2 до 500 км<sup>2</sup>. Наибольшие участки с низким и средним уровнем загрязнения зарегистрированы вокруг Саранско-Рузаевского промышленного узла, а также возле городов Ковылкино, Краснослободск, пгт Торбеево, а также на северо-западе Zubovo-Полянского и юго-западе Инсарского районов.

С помощью анализа созданной серии карт, а также ландшафтной карты и карт хозяйственной структуры, источников воздействия с указанием структуры и нагрузки выбросов по административным районам были определены факторы, влияющие на формирование проблемно-экологических ситуаций на территории Республики Мордовия. Результатом анализа стало создание карты районов с проблемно-экологическими ситуациями, выделенных по уровню загрязнения снежного покрова (рис. 4). Было выделено 10 районов, отличающихся по уровню загрязнения, источникам воздействия, а также с учетом особенностям ландшафтной структуры.

1. Zubovo-Полянский район. Повышенные концентрации в снежном покрове цинка, свинца и марганца связаны с выбросами промышленных предприятий, специализирующихся на металлообработке, котелен, транспорта (проходит государственная трасса Москва – Рязань – Пенза – Самара, железнодорожные линии Саранск – Москва, Потьма – Барашево), а также со слабой устойчивостью ландшафтов смешанных лесов водно-ледниковых равнин (низменный характер рельефа, залесенность территории способствуют накоплению загрязняющих веществ в верхнем слое почв).

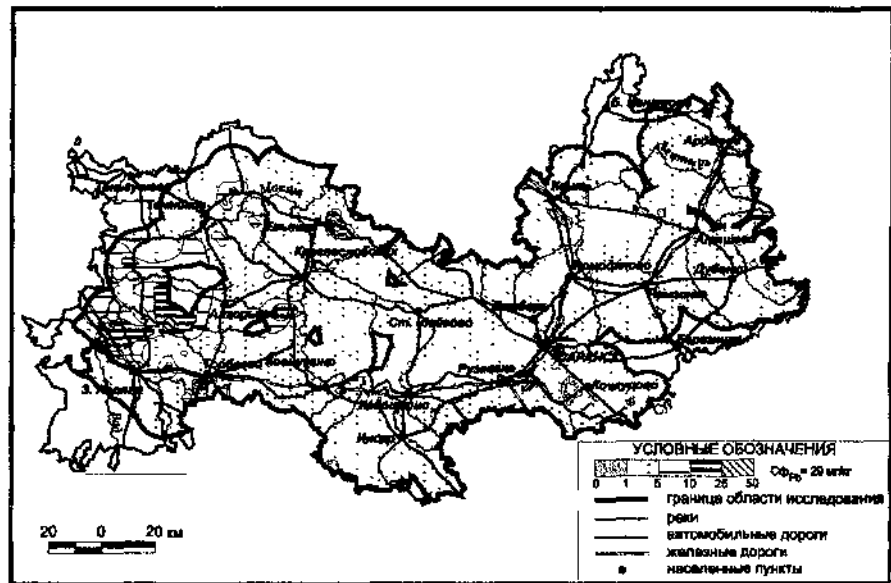


Рис.2. Оценка степени загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами  
(Pb в единицах фона)

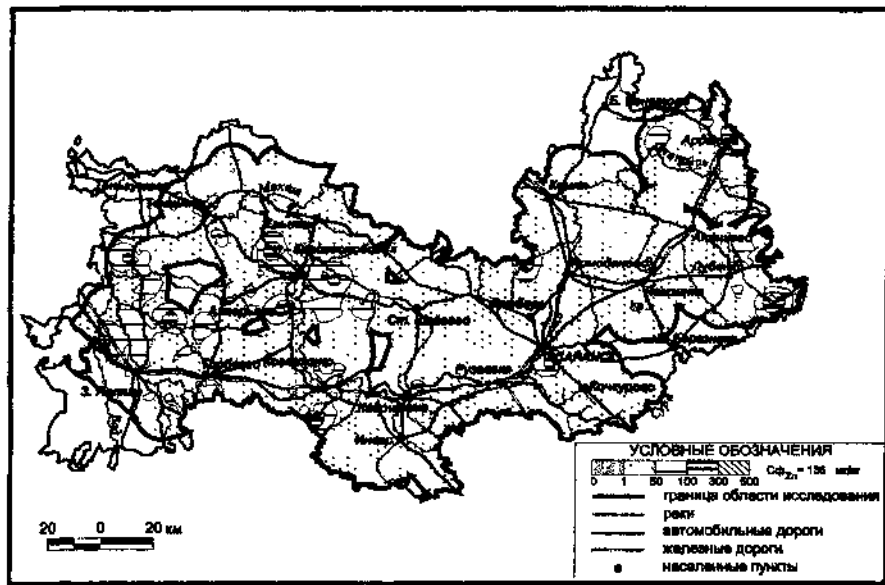
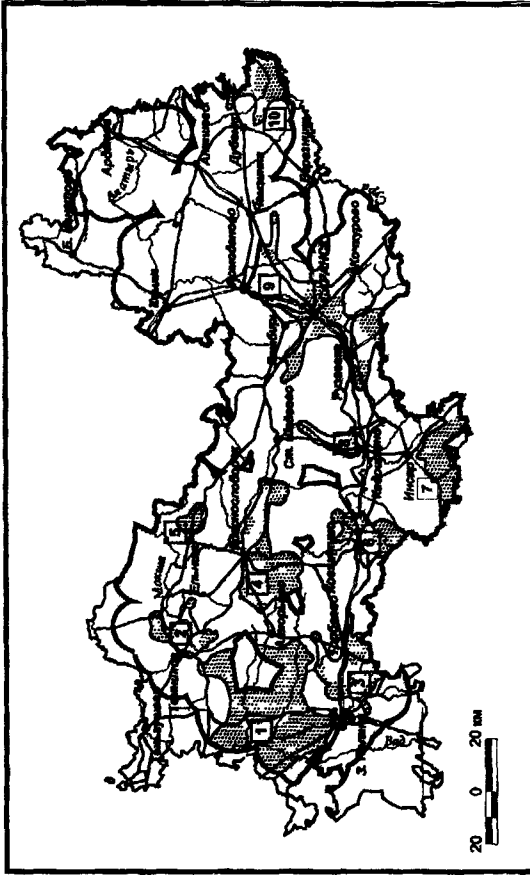


Рис. 3. Оценка степени загрязнения снежного покрова тяжелыми металлами (Zn в единицах фона)



### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Районы с проблемно-экологическими ситуациями (ПЭС)

- 1 **Зубово-Поляевский.** Повышенные концентрации в снежном покрове цинка, свинца и марганца связаны с выбросами промышленных предприятий, котелов, транспорта в также низким характером рельефа и залесенностью территории
- 2 **Темниковский.** Повышенные концентрации в снежном покрове свинца и цинка связаны с выбросами автомобильного транспорта
- 3 **Торбеевский.** Повышенное содержание в снежном покрове цинка и свинца связано с выбросами железнодорожного и автомобильного транспорта и предприятий электротехнической промышленности
- 4 **Краснослободский.** Снежный покров характеризуется слабым и низким уровнем загрязнения. Повышенное содержание свинца, марганца и цинка приурочено к промышленным зонам и автотранспортным магистралям
- 5 **Ельниковский.** Снежный покров характеризуется повышенным содержанием свинца и марганца, что связано с выбросами предприятий, транспорта и распашанностью территории
- 6 **Ковылкинский.** Высокая концентрация в снежном покрове цинка и свинца связана с выбросами предприятий, железнодорожного и автомобильного транспорта
- 7 **Инсарский.** Повышенное содержание в снежном покрове марганца и свинца связано с выбросами автотранспорта и транспортным перевозом загрязляющих веществ на Пензенской области
- 8 **Кадомский.** Характеризуется низким уровнем загрязнения снежного покрова, которое носит локальный характер и связано с выбросами предприятий и транспорта
- 9 **Саранский.** Повышенная концентрация в снежном покрове тяжелых металлов приурочена к промышленным зонам и транспортным магистралям
- 10 **Дубенский.** Снежный покров характеризуется низким уровнем загрязнения

— граница области исследования      — реки      — автомобильные дороги  
■ районы с ПЭС      ■ населенные пункты      == железные дороги

Рис. 4. Проблемно-экологические районы Республики Мордовия

2 Темниковский район Повышенные концентрации свинца и цинка в снежном покрове связаны в основном с выбросами автотранспорта. Ландшафты, отличающиеся слабоволнистым рельефом с эрозийными формами, сложными маломощной толщей флювиогляциальных песков, создают менее благоприятные условия для накопления тяжелых металлов в почве, но существуют предпосылки для поступления тяжелых металлов в грунтовые и поверхностные воды.

3 Торбеевский район. Повышенное содержание в снежном покрове цинка и свинца связано с выбросами железнодорожного и автомобильного транспорта, а также предприятий электротехнической промышленности. Около 95% всех выбросов приходится на Линейное производственное управление магистральных газопроводов, расположенное в 10 км севернее пгт Торбеево. Лесостепные ландшафты с преобладанием черноземов с кальциевым классом водной миграции интенсивно накапливают загрязняющие вещества. Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов встречаются в почвах пгт Торбеево.

4 Ельниковский район. Снежный покров характеризуется повышенным содержанием свинца и марганца, что связано с выбросами предприятий, расположенных в районном центре и транспорта. Ландшафты смешанных лесов водно-ледниковых и аллювиальных равнин определяют малую концентрацию металлов в верхнем слое почв.

5 Краснослободский район Снежный покров характеризуется низким и средним уровнем загрязнения. Повышенное содержание свинца, марганца и цинка приурочено к автомагистралям и машиностроительными предприятиями. Господствующие в данном районе ландшафты широколиственно-лесных лесов водно-ледниковых и древнеаллювиальных равнин определяют малую концентрацию тяжелых металлов в верхнем слое почв.

6 Ковылкинский район Средний уровень загрязнения снежного покрова обусловлен выбросами предприятий, автомобильного и железнодорожного транспорта. Город Ковылкино является транспортным узлом, здесь работает 11 предприятий, специализирующихся на машиностроении. Удельный вес выбросов вредных веществ в атмосферу составляет 4 % от общего количества выбросов по республике. Среди тяжелых металлов, относящихся к 1-му классу опасности, отмечены свинец, цинк, накапливающиеся в верхнем слое почв, концентрация которых в два-три раза выше, чем на фоновом участке.

7 Инсарский район Средний уровень загрязнения снежного покрова связан с большим числом предприятий, выбрасывающих в атмосферу более Почти 70 % от общего объема выбросов приходится на предприятия, расположенные в районном центре. Наблюдается повышенное содержание свинца, марганца. В почвах лесостепных ландшафтов концентрация тяжелых металлов меньше среднего показателя по республике. Только на отдельных участках, расположенных преимущественно вдоль автодорог, наблюдается повышение уровня свинца и цинка.

8 Кадошкинский район Структура выбросов типичная для сельской местности Мордовии. Основные источники загрязнения (86%) сосредоточены в районном центре. Химический анализ пыли, накопленной снегом, показал наличие ореолов рассеивания с повышенным содержанием цинка, свинца. Снежный покров характеризуется низким уровнем загрязнения. Почвенный покров лесостепных ландшафтов представлен темно-серыми лесными почвами суглинистого состава, которые могут накапливать в верхних горизонтах тяжелые металлы.

9 Саранско-Рузаевский район Характеризуется средним и низким уровнями загрязнения. Наибольшие объемы выбросов производят промышленные предприятия городов Саранск и Рузаевка. Высокие концентрации в снеговой пыли свинца и цинка обусловлены преимущественно работой автотранспорта, а также промышленных предприятий. Совместное воздействие различных источников загрязнения приводит к



формированию аномальных зон без выраженной «специализации». Аномальные участки, связанные с функционированием транспортных систем, линейно вытянуты вдоль автодорог и имеют повышенные концентрации свинца и цинка. Большие объемы выбросов загрязняющих веществ, приводят к тому, что на территориях промышленных узлов и в их окрестностях в почвах формируются техногенные ореолы рассеивания с повышенным содержанием свинца, цинка и других тяжелых металлов.

*10 Дубенский район* Снежный покров характеризуется низким уровнем загрязнения, что связано в основном с выбросами автотранспорта. Экономика района имеет аграрно-промышленную направленность, отличается сравнительно небольшими выбросами загрязняющих веществ в окружающую среду, причем около 43 % приходится на предприятия, расположенные в районном центре. Значительная техногенная нагрузка и существующие геохимические свойства почвенного покрова способствуют накоплению тяжелых металлов.

Выделенные в результате картографирования загрязнения снежного покрова районы отличаются от ранее известных (по данным статистической отчетности). Особое внимание вызывают Zubovo-Полянский и Инсарский районы, которые по результатам других исследований не выявлялись. Поэтому в этих зонах требуется проведение дополнительные исследования, которые при организации экологического мониторинга позволили бы уточнить и обосновать имеющиеся предположения, касающиеся особенностей их ландшафтной структуры, источников негативного воздействия, трансграничного переноса из соседних регионов.

### **Заключение**

В ходе проведенных теоретических исследований и экспериментальных работ решена основная задача диссертации – разработана и апробирована методика создания серии карт загрязнения снежного покрова на примере конкретного региона.

Кроме того, в результате диссертационного исследования получены следующие выводы:

1. Проведенные исследования позволили оценить современное состояние экологических условий территорий регионального уровня на основе картографирования снежного покрова.
2. На основе выполненного мониторинга создана единая база данных о содержании загрязняющих веществ в пробах снежного покрова. В базе содержится 1380 точек мониторинга по 22 химическим элементам, включая тяжелые металлы. Проведены эксперименты по математико-картографическому моделированию загрязнения снежного покрова по данным сети наблюдений. Это позволило выделить области, для которых наиболее целесообразно применение методов интерполяции.
3. Эколого-географические исследования на территории Республики Мордовия ранее проводились преимущественно с использованием геохимических методов изучения загрязнения почво-грунтов, которые позволяют установить качественный состав и количественную меру загрязняющих веществ. Карты оценки современного экологического состояния на основе изучения загрязнения снежного покрова имеются лишь для отдельных, локальных участков (например, в районе Саранска). Для территории Мордовии в целом такие исследования отсутствуют. Применение современных геоинформационных технологий позволило составить серию оценочных аналитических и синтетических карт загрязнения снежного покрова. Их анализ показал, что на картах четко фиксируются ареалы загрязнения территории, хорошо согласующиеся с имеющимися картами хозяйственного использования различных районов Мордовии. Разработанная серия карт позволила выявить территории, где сформировались проблемно-экологические ситуации. Наиболее остро они проявляются в

крупных населенных пунктах лесостепных ландшафтов восточной Мордовии и ландшафтах широколиственно-лесных лесов западных районов Критическая ситуация складывается на западе и юго-западе республики. Ареалы загрязнения выявлены в Zubovo-Полянском, Ельниковском, Инсарском районах, где сосредоточены предприятия, связанные с металлообработкой. На острие ситуации сказываются преобладание юго-западных ветров, которые приносят загрязнение с соседних территорий, а также особенности использования земель в агропромышленном комплексе.

Выявленные в результате картографирования районы, а также причины и факторы их формирования, дают возможность наметить сеть экологического мониторинга и разработать мероприятия по улучшению экологической обстановки.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Картографическое моделирование загрязнения снежного покрова (тезисы) // Материалы XXIV Огаревских чтений. – Саранск, 1995. – С. 64 – 65.
2. Разработка серии карт экологического состояния окружающей среды // Территориальная организация устойчивого социально-экономического и экологического развития – Саранск, 1998. – С.105 – 106 (в соавторстве с Ямашкиным А.А.).
3. Разработка методов картографирования источников загрязнения на примере г. Саранска // Сборник трудов молодых ученых географического факультета МГУ им. Н. П. Огарева. – Саранск, 1999. – С. 82 – 86
4. Использование карт физико-географических условий при изучении процессов загрязнения окружающей среды // Материалы научной конференции – Саранск, 1999. – С. 112 – 113.
5. Снежный покров как объект картографирования при оценке состояния окружающей среды // Естественно-технические исследования: теория, методы, практика. Межвуз. сб. науч. тр. Вып.1. – Саранск, 2000. – С.68-69
6. Полицентное картографирование загрязнения снежного покрова // Труды молодых исследователей географического факультета. – Саранск, 2000. – С. 81-83.
7. Ландшафтная карта как базовая основа исследований взаимодействия природных и хозяйственных систем // Социально-экономические и экологические проблемы развития сельской местности: Материалы Междунар. Науч. конф. – Саранск, 2 – 5 окт. 2000 г. В 2 ч. – Саранск, 2000. – Ч. 2. С. 155-156.
8. О применении кластерного анализа при математико-картографическом моделировании // Материалы научной конференции «XXX Огаревские чтения». – Саранск, 2001. – С. 70 – 71 (в соавторстве с Ивлиевой Н. Г.).
9. Выявление проблемно-экологических ситуаций на основе картографирования снежного покрова // Экологический вестник Мордовии. – Саранск, 2002 – №3. – С. 29 – 38
10. О предварительном анализе исходных данных при создании цифровых моделей поверхностей // Естественно-технические исследования: теория, методы, практика. Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 2. – Саранск, 2003. – С.15 – 18 (в соавторстве с Ивлиевой Н. Г.).

Отпечатано в копцнтрe «Учeбная полиграфия»  
Москва, Ленинские горы, МГУ, 1 Гуманитарный корпус.  
[www.stprint.ru](http://www.stprint.ru) e-mail: [zakaz@stprint.ru](mailto:zakaz@stprint.ru) тел 939-3338  
Заказ № 399 тираж 100 экз. 1 печ.л. Подписано в печать 24. 10. 2003 г.

РНБ Русский фонд

2005-4

21310

11 НОЯ 2003

