

# МУНИЦИПАЛЬНЫЕ ГИС

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ



ВОЛОГДА  
2006

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ВОЛОГОДСКИЙ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА



**Т.А. Воробьева, В.С. Поливанов, М.М. Поляков**

**МУНИЦИПАЛЬНЫЕ ГИС:  
ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ**

Вологда  
2006

**Воробьева, Т.А. Муниципальные ГИС: информационное обеспечение экологического контроля** / Т.А.Воробьева, В.С. Поливанов, М.М. Поляков; под ред. к.т.н. М.М. Полякова. – Вологда: Вологодский научно-координационный центр ЦЭМИ РАН, 2006. – 250 с.: ил.

Рассмотрены основные принципы разработки геоинформационной системы (ГИС) по обеспечению экологической безопасности населения, которые основываются на исследованиях, проведенных в 1998 – 2004 гг. географическим факультетом Московского государственного университета и Вологодским научно-координационным центром ЦЭМИ РАН. Излагаются положения концепции по организации экологической ГИС г. Вологды, структура базы данных ГИС, ее функциональная схема. Вносятся предложения по улучшению работы системы управления, по алгоритму принятия решений с использованием ГИС-технологий. Предлагается методика анализа и синтеза информации и создания синтетических карт антропогенной нагрузки, специального районирования, экологического зонирования и др., выполненных в автоматизированном режиме.

Книга рассчитана на ученых и специалистов, занимающихся геоинформационными системами для решения экологических проблем, работников городских муниципалитетов, а также на студентов и аспирантов, обучающихся по экологическим, географическим и природоохранным специальностям.

*Рецензенты:*

доктор географических наук

**Б. И. Кочуров**

кандидат географических наук

**А. В. Кошкарёв**

ISBN 5-93299-077-5

© Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Поляков М.М., 2006

© Вологодский НКЦ ЦЭМИ РАН, 2006

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Введение</i> .....	7
<b>Глава 1. Теоретические основы концепции обеспечения экологической безопасности населения города</b> .....	17
1.1. Состояние современного информационного обеспечения существующей системы принятия решений .....	17
1.2. Пути совершенствования системы поддержки принятия решений .....	24
1.3. Опыт организации информационных потоков по оценке и динамике состояния окружающей среды городов .....	37
1.4. Геоинформационная система как механизм организации автоматизированного информационного обеспечения процесса управления и научного анализа .....	55
<b>Глава 2. Экологическая обстановка в г. Вологде</b> .....	62
2.1. Загрязнение окружающей среды города .....	63
2.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха .....	63
2.1.2. Загрязнение водных объектов .....	65
2.1.3. Состояние донных отложений р. Вологды, почв и грунтов .....	68
2.1.4. Отходы производства и потребления .....	70
2.2. Условия водоснабжения города .....	72
2.3. Характеристика зеленой зоны .....	74
2.4. Состояние окружающей природной среды и здоровье населения .....	79
2.5. Организация деятельности по обеспечению экологической безопасности населения .....	82



<b>Глава 3. Организационная структура базы данных экологической ГИС г. Вологды .....</b>	<b>86</b>
3.1. Принципы разработки и структура базы данных .....	86
3.2. Блоковая структура базы данных ГИС .....	89
3.2.1. Базовая информация .....	90
3.2.2. Функциональная схема ГИС .....	100
3.3. Базовые элементы экологической ГИС г. Вологды .....	101
3.3.1. Статичные и слабо меняющиеся объекты .....	101
3.3.2. Естественный и антропогенный мезо- и микрорельеф .....	104
3.3.3. Почвы и растительность .....	105
3.3.4. Гидрографическая сеть .....	108
3.3.5. Климатические и погодные характеристики .....	110
3.3.6. Антропогенно-техногенные объекты города .....	111
3.4. Динамические характеристики экологической ГИС города (блок обновления информации) .....	116
3.4.1. Структура блока обновления информации .....	116
3.4.2. Факторы, определяющие динамику состояния природно-хозяйственных систем .....	119
3.4.3. Динамические параметры природного блока ГИС, их комплексы и регламент контроля .....	121
3.4.4. Динамические параметры хозяйственного блока ГИС, их комплексы и регламент контроля за состоянием природно-хозяйственных систем ...	124
3.4.5. Динамические параметры социального блока ГИС .....	128
3.5. Блок анализа и синтеза информации .....	130
 <b>Глава 4. Разработка синтетических экологических карт     как организационная основа ГИС .....</b>	 <b>132</b>
4.1. Природно-хозяйственное районирование с определением экологически напряженных зон .....	132
4.2. Краткая характеристика природно-хозяйственных районов и структура экологических проблем внутри них .....	139

4.3. Карты антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения природной среды г. Вологды .....	145
4.3.1. Особенности поликомпонентного геоэкологического анализа .....	145
4.3.2. Количественная территориальная оценка комплексного экологического состояния территории .....	148
4.3.3. Современная и прогнозная оценка территории с использованием карт динамики состояния природных и хозяйственных элементов в целях обеспечения экологической безопасности населения .....	150

**Глава 5. Экологический мониторинг как составляющий элемент блока обновления информации ГИС экологии .....**

<b>5.1. Место экологического мониторинга в ГИС экологии и его специфика .....</b>	<b>156</b>
5.2. Информационное обеспечение блока обновления информации (БОИ) .....	158
5.2.1. Требования к информации .....	158
5.2.2. Принципы организации сети экологического мониторинга .....	159
5.3. Задачи контроля за состоянием природно-хозяйственных систем (ПХС) .....	165
5.3.1. Параметры и регламент контроля .....	165
5.3.2. Состав картографической и атрибутивной информации о динамике ПХС .....	167
5.4. Принципы построения оценочных динамических карт в рамках ГИС экологии г. Вологды .....	169
5.4.1. Место и функции оценочных динамических карт в системе мониторинга .....	169
5.4.2. Карта загрязнения почв .....	174
5.4.3. Карта загрязнения снежного покрова .....	175
5.4.4. Динамические карты состояния природно-хозяйственных систем (опыт составления) .....	179
5.4.5. Технологическая специфика динамических карт .....	181

<b>Глава 6. Социально-экономический блок муниципальной ГИС экологии и оценка состояния здоровья населения .....</b>	<b>184</b>
6.1. Структура и особенности функционирования блока .....	184
6.2. Критерии оценки состояния здоровья населения .....	190
6.3. Организация информации для включения в блок здоровья ГИС экологии г. Вологды .....	196
6.3.1. Методика обработки данных о заболеваемости .....	196
6.3.2. Анализ пространственного распределения показателей заболеваемости детей в г. Вологде в зависимости от экологической обстановки .....	199
6.3.3. Анализ пространственного распределения показателей заболеваемости детей в г. Череповце .....	203
<b>Глава 7. Место ГИС в организационной структуре управления и мониторинга окружающей среды г. Вологды .....</b>	<b>212</b>
7.1. Современное состояние проблемы .....	212
7.2. Исследование вариантов схем организационных структур управления охраной окружающей среды .....	215
7.3. Алгоритм принятия решений по оптимизации экологической обстановки в г. Вологде .....	220
7.3.1. Место ГИС экологии города в общей структуре региональных и муниципальных ГИС .....	220
7.3.2. Алгоритмы принятия решений при реализации комплексных и частных задач .....	229
7.4. Примеры решения частных задач с использованием геоинформационных технологий .....	231
<i>Заключение .....</i>	<i>235</i>
<i>Список использованных источников .....</i>	<i>241</i>
<i>Сведения об авторах .....</i>	<i>249</i>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время представление о муниципалитете базируется на том, что основной целью его деятельности является обслуживание проживающих на его территории граждан наилучшим образом (В. Л. Макаров. Социальные технологии на нижнем уровне: Препринт # WP/ 2004/175. – М.: ЦЭМИ РАН. – С. 23). Руководителям муниципалитета постоянно приходится принимать решения, напрямую влияющие на благосостояние, комфортность проживания и экологическую безопасность населения. Реальна, например, такая ситуация: следует решить, построить ли целлюлозно-бумажный комбинат, что создаст не только новые рабочие места, но и существенное экологическое напряжение, или сохранить качество воды в реке, принимающей его стоки, которая при этом является источником водоснабжения множества населенных пунктов и незаменимым элементом экологического благополучия на водосборе с территорией в несколько десятков тысяч квадратных километров.

Формируемая в настоящее время власть местного самоуправления призвана реализовывать общие интересы жителей, предприятий муниципальной собственности, частных фирм и акционерных обществ, прочих зарегистрированных юридических лиц, а также и официально не зарегистрированных групп и объединений. Не следует забывать и федеральные интересы, обусловленные соответствующим законодательством.

В соответствии с реформой местного самоуправления в России планируется довести количество муниципальных образований до 30 тысяч и более вместо примерно 12 с половиной тысяч, существующих в настоящее время.

Система местного самоуправления строится на следующих основных принципах:

- местное самоуправление – власть, деятельность которой регулируется законом;
- наличие выборных органов является обязательным для местного самоуправления;
- местное самоуправление обладает собственной компетенцией, в пределах которой эта власть самостоятельна.

Для осуществления своих полномочий местное самоуправление должно быть обеспечено достаточными собственными ресурсами.

Значительным шагом на пути реализации основных принципов деятельности органов местного самоуправления стало принятие в августе 1995 г. Федерального закона «Об общих принципах организации местного самоуправления Российской Федерации». На его основе система местной власти обретает свои формы, вступает в свои права и полномочия.

Функции органов самоуправления можно разделить на две составляющие: политическую и управленческую.

Политическая составляющая проявляется путем реализации права устанавливать правила распоряжения муниципальным имуществом, разрабатывать проекты развития территории и осуществлять их.

Управленческая составляющая – структура местной администрации. Эта власть, чтобы быть реальной, должна иметь достаточные для своих полномочий ресурсы, и не только финансовые и материальные, но и информационные. Последнее особенно актуально для городского управления, поскольку хозяйство города является сложной социально-экономической системой, которую можно представить в виде совокупности большого количества подсистем, функционирующих в тесной взаимосвязи и находящихся в постоянном развитии. В этом контексте для обеспечения управленческих решений крайне важно обладать

адекватной информацией о поведении подсистем и всего городского организма в целом. Вот почему муниципальные ГИС – географические информационные системы начинают занимать в настоящее время все более прочные позиции в программном обеспечении местного управления. Обилие разного рода отечественных и зарубежных программ предоставляет большие возможности в сфере сбора, хранения и обработки многочисленных потоков информации для решения широкого спектра задач глобального, регионального и локального характера. Многие муниципальные ГИС носят узконаправленный характер и служат, по сути, банками опорных данных по тем или иным характеристикам территории. Понятие «гео» в определении ГИС остается размытым и не всегда может соответствовать понятию географической информационной системы. Вместе с тем довольно значительная часть задач, решаемых с помощью ГИС, связана с необходимостью комплексного географического анализа ситуаций, возникающих на той или иной территории. В особенности это связано с принятием решений по обеспечению экологической безопасности населения, оценкой современного состояния территории, определением напряженных зон, географическим прогнозом развития территории, выработкой программы комплексного и целевого мониторинга, направленного на выявление динамических характеристик благоприятных и неблагоприятных процессов, происходящих на исследуемой территории.

Экологический контроль за состоянием природной среды, а также среды обитания в крупных населенных пунктах не может быть эффективным без полноценного объема базовой и оперативной геоинформации. Для этой цели существуют различные типы компьютерных программ геоинформационных систем, которые дают возможность формировать региональные банки данных, где хранится опорная (базовая) и оперативная (текущая) информация,

производится ее первичная систематизация и предварительный анализ. Наличие в органах местного и регионального управления подобных геоинформационных систем дает возможность принимать оперативные решения, связанные с экологическими и хозяйственными проблемами, контролировать существующую экологическую обстановку, разрабатывать перспективные программы по ее улучшению и т.п.

В настоящее время в большинстве городов России гигантские объемы экологической, географической и другой информации хранятся в несистематизированном виде в различных ведомствах, управлениях, на предприятиях и не доступны не только для комплексного экологического анализа, но и для принятия конкретных инженерных оперативных и плановых решений. Поскольку такие решения следует принимать на хорошей научной основе, то роль научной подготовки управленческих воздействий будет расти. Опрос, проведенный центром «Истина» в 1998 г. среди московских студентов, показал, что наиболее перспективными направлениями в науке они считают проблемы охраны окружающей среды. Это отметили почти 62% респондентов. На втором месте – проблемы медицины (около 49%), на третьем – экономические проблемы (около 44%). В условиях формирования рыночных отношений информация стала товаром, причем дорогим, что значительно затрудняет ее сбор и использование. Вместе с тем в условиях рынка товаром становится не только первичная информация, но и ее синтетические производные, получаемые на основе грамотного эколого-географического анализа. Поэтому одной из главных задач при создании региональных и муниципальных геоинформационных систем является формирование таких программ, которые могли бы выделить из хаотических и разрозненных материалов тот минимум, который позволяет в строго систематизированном виде хранить базовую

информацию, принимать и анализировать оперативную информацию, производить предварительную оценку динамических процессов, определяющих состояние окружающей среды на заданный период.

Как показывает практика, создание региональных ГИС сопряжено с рядом проблем, вызванных ведомственной изолированностью, эгоизмом, а также боязнью раскрывать свои секреты, в том числе и касающиеся загрязнения окружающей среды. Нередко внутренний экологический контроль на предприятиях выявляет случаи нарушения природоохранного законодательства, но в официальных отчетах эти данные отсутствуют. В связи с этим возникает необходимость формирования независимой службы экологического контроля, которая, подобно СЭС, пожарной, рыбной инспекции, МЧС, должна систематически отслеживать все возможные варианты формирования неблагоприятной экологической обстановки, принимать оперативные меры по ее нормализации, представлять материалы для предъявления санкций к нарушителям и т.п. Такая служба должна опираться на собственную лабораторную и техническую базу, укомплектовываться штатом квалифицированных специалистов-экологов и располагать всем комплексом геоэкологической информации на основе муниципальной ГИС.

Структура базы данных (БД) ГИС для каждого региона имеет свою специфику в зависимости от региональных экологических акцентов (например, лесное хозяйство, индустрия, коммунальный сектор, водные ресурсы, воздух и т.п.). Поэтому целевая установка определяет структуру и детальность наполнения БД данной ГИС.

К сожалению, у многих работников органов управления сложилось довольно скептическое отношение к различным вариантам геоинформационных систем, которые им предлагаются. Это обусловлено рядом как объективных, так и субъективных причин. Среди них можно назвать следующие:



1. Типовых ГИС в настоящее время не существует, каждая из них имеет свои региональные особенности и тематическое наполнение.

2. Разработка и проектирование ГИС – процесс постепенный и дорогостоящий, он требует значительных затрат на приобретение технических средств и программного обеспечения.

3. Большинство из действующих ГИС на 80–90% выполняют исключительно информационно-справочные функции и в малой степени – аналитические, оценочные, прогнозные.

4. Для работы с ГИС требуется специальная подготовка персонала, в том числе в области комплексного географического анализа, прогноза, экспертизы и т.п., что не всегда соответствует организационным и материальным возможностям органов местного управления.

5. Неопределенность потенциальной выгоды, получаемой в результате использования ГИС-информации в решении текущих и экстремальных (чрезвычайных) проблем той или иной территории.

Исходя из перечисленных выше предпосылок, авторы данной работы сочли возможным на примере одного из регионов России предложить такой вариант концепции экологической ГИС города, который бы смог оптимально соответствовать интересам потребителей – людей, принимающих решения. В плане представления необходимой информации геоинформационная система должна способствовать разработке вариантов управленческих решений на основе многокомпонентного географического анализа исходных данных.

Развитие научно-технического прогресса, культуры, общественной самодеятельности горожан требует профессионализма в управлении городским хозяйством. Необходимо, чтобы в управленческих структурах города работали экономисты, правоведаы, социологи, экологи. Важно

использовать труд исследователей-профессионалов на всех уровнях управленческого процесса. Профессионалы-ученые должны давать разработки по тем или иным направлениям управленческой деятельности, привлекая лиц, принимающих решения.

Целью данной работы является исследование путей создания экологической ГИС города в рамках потенциальной структуры муниципальной геоинформационной системы. Назначение ГИС экологии города – информационное обеспечение и выработка вариантов управленческих решений по экологической безопасности населения. ГИС экологии не всеобъемлющая система. В соответствии со структурой и объемом информационных документов она организуется по принципу минимальной достаточности для решения главным образом экологических задач. Такая ГИС не преследует целей обеспечения задач, решаемых на более высоких уровнях детальности и точности (как, например, ГИС «Кадастр» и др.). В то же время только она в состоянии обеспечивать определенными блоками информации сопряженные подсистемы муниципальных ГИС.

Выбранный в качестве объекта изучения город Вологда – типичный областной центр северных и центральных регионов европейской части России, с населением около 300 тысяч человек, с развитой промышленной структурой, сложной системой водопользования, со значительным набором социально-демографических, экологических проблем и довольно высоким уровнем заболеваемости населения.

В 2000 г. вышла в свет монография коллектива ученых Вологодского научно-координационного центра ЦЭМИ РАН, географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и специалистов администрации г. Вологды «Муниципальные ГИС: обеспечение решения экологических проблем» [63],

в которой на основе совместных исследований в области разработки ГИС-технологий по экологической безопасности населения излагается методика создания ГИС экологии города как инструмента обеспечения системы принятия решений на региональном и муниципальном уровне. Опубликованные результаты исследования встретили интерес со стороны специалистов-экологов, ряда ведомств и органов управления, поэтому книга была переиздана. В дополненное и переработанное издание [64] были включены разработанные концептуальные подходы к формированию социального блока ГИС, особое внимание уделялось проблемам здоровья населения г. Вологды и давались рекомендации по применению информационных технологий для оценки уровня заболеваемости населения в зависимости от экологической ситуации. К сожалению, тираж издания был небольшой и быстро разошелся. Значительное количество заявок от различных специалистов и организаций на переиздание книги вызвало необходимость работы по его подготовке. Кроме того, в связи с развитием информационных технологий и системы регионального управления нужно было осуществить дальнейшие исследования и внести в монографию изменения и дополнения, а также обновленные статистические данные. С этой целью продолжена работа по обоснованию информационного обеспечения функционирования ГИС, организации автоматизированного рабочего места для осуществления экологического контроля за состоянием окружающей среды, для решения практических задач экологической направленности и принятия управленческих решений в целях обеспечения экологической безопасности населения.

Настоящее издание носит методический характер и может использоваться в качестве учебного пособия для студентов, магистрантов и аспирантов по учебным курсам «Картографические методы в природопользовании»,

«Комплексное экологическое картографирование», «Геоинформационные системы», «Управление природопользованием» и др.

Книга создана на основе результатов научно-исследовательской работы, финансовую поддержку которой оказали Муниципальный экологический фонд г. Вологды и Министерство науки Российской Федерации. Исследование выполнялось Вологодским научно-координационным центром ЦЭМИ РАН в сотрудничестве с Вологодским государственным политехническим университетом, кафедрой рационального природопользования географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, администрацией города Вологды. Издание современного варианта монографии осуществлено благодаря ВНКЦ ЦЭМИ РАН и кафедре рационального природопользования географического факультета МГУ. Подготовка отдельных глав проведена в рамках работы по гранту РФФИ, проект №05-05-65015 по теме: «Системный анализ структуры и динамики природопользования в таежной и тундровой зонах европейского Севера России».

В работе использованы публикации по результатам исследований экологического состояния города, выполнявшихся учеными Вологодского государственного педагогического университета, института «Вологдаинжпроект», данные экологической службы области и города, службы Санэпиднадзора.

Авторский коллектив выражает признательность главе г. Вологды А.С. Якуничеву за поддержку в исследовании, а также главному педиатру города Г.Ф. Копыловой за конструктивное сотрудничество при подготовке и написании главы 6.

В качестве соавторов отдельных разделов книги и электронных карт принимали участие сотрудники кафедры рационального природопользования географического

факультета МГУ имени М.В. Ломоносова И.В. Фадеева (п. 4.3, 6.3, рис. 4.3, 4.4, 5.1, 5.2, 6.2), Е.А. Красильников (п. 2.4, рис. 4.1, 4.2), А.И. Прошляков (п. 6.3.3, рис. 6.4, 6.5).

Авторский коллектив выражает благодарность студентам МГУ И.С. Новоселовой, принимавшей участие в написании п. 2.3, А.А. Окулику и А.И. Прошлякову за обработку данных и участие в написании п. 6.3.1 и 6.3.2, студентке ВоГТУ Е.А. Гутниковой за помощь в актуализации информации п. 2, магистрантке МГУ Н.Н. Могосовой за помощь в подготовке макета книги.

Особую благодарность приносим рецензентам – ведущим научным сотрудникам Института географии РАН д.э.н Б.И. Кочурову и к.г.н. А.В. Кошкарёву за ряд ценных замечаний по содержанию книги.

## ГЛАВА 1

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА

#### 1.1. Состояние современного информационного обеспечения существующей системы принятия решений

Обеспечение экологической безопасности населения – проблема многофакторная и многогранная, она охватывает все сферы жизни: от географо-экологических до социально-экономических и демографических аспектов. Для того чтобы оценивать структуру и остроту современного состояния, прогнозировать неблагоприятные процессы и тенденции, выработать комплексы мер по предотвращению критических ситуаций в пределах той или иной территории, крайне необходимо своевременное и достоверное информационное обеспечение органов, принимающих решения, по всем аспектам данной проблемы.

В качестве основных предпосылок к поиску новых подходов, отвечающих современным требованиям управления экологической ситуацией и социальными процессами, выделяются следующие:

- ⇒ понимание взаимозависимости и взаимообусловленности природных, социальных и экономических факторов, определяющих развитие той или иной территории;
- ⇒ организация оперативного информационного обеспечения органов, принимающих решения;
- ⇒ разработка простой для понимания концепции ГИС, которая при минимальных затратах должна обеспечивать весь спектр задач по экологической безопасности населения;

⇒ организационное оформление информационных потоков, отслеживающее интересы всех участников процесса;

⇒ выбор наиболее надежных методов обработки и синтеза информации, а также средств программного обеспечения;

⇒ оценка и анализ современного опыта использования геоинформационных систем на данном этапе развития науки и технических средств для решения поставленных проблем с целью его корректировки применительно к требованиям конкретного региона, города, руководящего органа.

Система поддержки принятия решений – понятие многоплановое, и его содержание зависит от главной целевой установки. Эта система должна состоять из математических моделей, описывающих наиболее важные процессы, в совокупности с базами данных, способами получения и передачи информации, нормативными и методическими материалами. Если говорить о геоэкологических проблемах, устойчивости природных и природно-хозяйственных систем, то система поддержки принятия решений и лица, их принимающие, должны быть ответственны: за нарушение природных и природно-хозяйственных связей (установившегося равновесия), сложившихся в процессе строительства и эксплуатации объектов хозяйственного назначения; выбор методов и подходов к оптимизации взаимоотношений между обществом и природой; разработку системы ограничений и квот по рациональному природопользованию; сохранение видового разнообразия и продуктивности природных систем; обоснованный прогноз развития природно-хозяйственных систем в условиях нарастающего техногенного воздействия и принятия неотложных мер по предотвращению нежелательных процессов и явлений; объективную кадастровую оценку объектов природопользования; экологическую безопасность населения.

Основные функции системы и лиц, принимающих решения (ЛПР) на местном и региональном уровнях, сводятся к следующему:

➤ определение приоритетов в природопользовании, строительстве, разработке новых проектов, освоении природных территорий и т.п.;

➤ контроль за состоянием природной среды и природных ресурсов, находящихся в сфере хозяйственной деятельности, на подведомственной территории, выявление экологически напряженных зон;

➤ выбор вариантов неотложных мер по предотвращению неблагоприятных процессов и явлений;

➤ выбор мер по улучшению экологической обстановки на подведомственной территории (улучшение качества вод и воздуха, регулирование системы водопотребления и водоотведения, санитарно-эпидемиологическая ситуация, сельскохозяйственная мелиорация, лесомелиорация);

➤ осуществление контроля за состоянием окружающей среды и принятие мер по соблюдению экологической безопасности населения;

➤ поддержание системы в работоспособном состоянии.

Основные проблемы, с которыми сталкиваются органы и лица, принимающие решения:

- недостаток конкретной информации, ее разнородность и рыхлость;

- низкая оперативность информации;

- недостаточная экологическая грамотность ЛПР;

- отсутствие или несовершенство централизованных информационных потоков;

- ведомственная разобщенность, эгоизм, лоббирование узковедомственных интересов;

- отсутствие единой концепции рационального ресурсоприродопользования, а также методики оценки современного экологического состояния, экологически напряженных зон и экологического риска.



В общем виде структура взаимоотношений между субъектами системы природопользования и органами управления представлена на рис. 1.1.

**Рис. 1.1. Структура взаимоотношений и функций субъектов системы природопользования и органов управления**



Органы, ответственные за принятие решений, нуждаются во всеобъемлющей (или оптимально достаточной) информации по тем или иным вопросам. В развитии системы информации прослеживаются четыре основных этапа (периода). В докомпьютерный период руководители располагали, как правило, либо ведомственными справками на отправленный запрос, либо первичной информацией различной степени достоверности и детальности. И в том, и в другом случае надежность принятия решений основывалась в большей степени на опыте руководителя, его интуиции и в меньшей – на исходной, порой противоречивой, информации [109]. Существовавшие

формы отчетности (по многим параметрам они сохранились до настоящего времени) хранились в соответствии с государственными стандартами в таблицах либо в виде текстовых документов.

Основными недостатками этой системы были:

- ⇒ слабое картографическое обеспечение, затрудняющее визуализацию пространственной информации;
- ⇒ различная степень достоверности статистической отчетности и недостаточная ее генерализация;
- ⇒ отсутствие обоснованных вариантов предложений по принятию решений от запрашиваемых сторон;
- ⇒ ведомственная разобщенность и порой сокрытие нежелательной для ведомств и предприятий информации.

С появлением программного обеспечения информационных систем (ИС) многие организации, министерства, ведомства и органы, ответственные за принятие решений, приступили к поиску путей модернизации и оптимизации данной системы. Начали создаваться региональные геоинформационные системы, направленные в первую очередь на оцифровку картографической информации с выносом ее на магнитные носители. Создавались многослойные пакеты всевозможной первичной информации, представлявшие собой вынесенную на носитель серию карт – землепользования, почв, рельефа, орогидрографии, загрязнения снега, воздуха и вод, инженерных коммуникаций и т.п. По сути, формировались первичные банки данных прообраза ГИС, по составу информационных документов необходимые, но недостаточные для решения поликомпонентных задач, особенно задач экологического характера. В связи с этим лица, принимавшие решения, не имели возможности эффективно использовать наборы первичной информации в своей повседневной работе из-за слабой степени анализа и синтеза поступавшей документации. Такого типа геоинформационные системы и в настоящее время существуют и создаются во

многих регионах страны. Следует сказать, что в этом нет ничего неожиданного. Во многих странах мира процесс создания ГИС проходил в такой же последовательности начиная с шестидесятых годов. Тысячи геоинформационных систем используются в экономике, политике, кадастрах различной собственности и т.п. Они охватывают все пространственные уровни – глобальный, региональный, национальный, локальный, муниципальный. Основным недостатком второго этапа развития системы геоинформационного обеспечения лиц, принимающих решения, помимо указанных выше, является ее нецентрализованный характер, препятствующий получению необходимой информации в полном объеме и в заданные сроки от различных источников, владельцев первичных данных. В этом проявляется отсутствие единой обоснованной концепции, цель которой – оптимизировать и минимизировать объемы хранимой информации, а также адаптировать ее к интересам потребителей. Очередной этап совершенствования этой системы начался после принятия Совмином РФ постановления о создании Региональных информационных аналитических систем (РИАС), назначение которых сводилось к тому, чтобы регламентировать для владельцев и пользователей условия обмена информацией, унифицировать эту систему, адаптировать к уже имеющимся в наличии техническим и программным средствам, централизовать информационные потоки и дать возможность лицам, принимающим решение, использовать их в этом процессе.

В настоящее время в развитии муниципальных, региональных и локальных ИС (РИАС) наметилась тенденция перехода к созданию тематически ориентированных ГИС, концептуально обоснованных под решение конкретных задач. Их отличие от предшественников заключается в том, что они по структуре БД адаптируются к различным направлениям. Информация оптимизируется по

принципу достоверности и минимальной достаточности. ГИС обеспечивается необходимым набором картографической и табличной атрибутивной информации. В качестве специальных аналитических документов на основе базовых карт создаются синтетические карты специального районирования и зонирования, которые предназначены для характеристики географических систем с позиции структуры экологических проблем, характера отдельных задач, выработки рекомендаций по принятию управленческих решений. Таким образом, новое поколение ГИС, в принципе, способно в качестве выходной продукции «выдавать» потребителю «полуфабрикат» для выработки проекта управленческих решений в виде вероятностного графа (дерева) событий и соответствующих рекомендаций.

Экологическая ГИС как одна из тематических составляющих муниципальных ГИС четвертого поколения (этапа) развития геоинформационных технологий может включать в себя также функции мониторинга состояния окружающей среды на заданные сроки, а с использованием динамических моделей – прогнозировать развитие экологических ситуаций, что даст возможность ЛПР принимать научно обоснованные решения с использованием современных технологий.

Подобные варианты ГИС еще находятся в стадии разработки, и мы не можем привести ни одного примера системы, работающей в производственном режиме и полностью отвечающей всем указанным выше требованиям.

Наличие целого ряда неформализуемых или плохо формализуемых, а иногда и интуитивных соображений у ЛПР, сама специфика принятия решений, затрагивающих многочисленных участников системы «город – окружающая среда – население», подразумевает возможность вмешательства в процедуру компьютерной обработки, что требует тщательно разработанной диалоговой оболочки в системе поддержки принятия решений.

Подводя итог анализу современного состояния информационного обеспечения системы поддержки принятия решений, можно утверждать, что, хотя в техническом и идеологическом плане за последние 10 лет наметился существенный сдвиг вперед, по-прежнему на местах равноправно существуют все формы информационного обеспечения – от архаичной до суперсовременной. Вместе с этим апробируются новые методики и подходы, совершенствуются системы анализа и синтеза информации. Постепенно вырабатывается единая концепция информационного обеспечения системы управления природопользованием в рамках ГИС-технологий, отсутствие которой, вполне обоснованно, вызывает чувство здорового скептицизма у лиц и органов, ответственных за принятие решений.

## **1.2. Пути совершенствования системы поддержки принятия решений**

В п. 1.1 были рассмотрены основные элементы и проблемы современного информационного обеспечения органов и лиц, принимающих решения. Отмечено, что оперативность и достоверность информации зависит от степени компьютеризации и качества программного обеспечения. Можно видеть три основных аспекта в развитии информационного обеспечения:

⇒ организационный (принятие мер по централизации и регламентации потоков информации в системе «владелец – потребитель»);

⇒ технический (обеспечение техническими средствами и программами);

⇒ идеологический (выработка или выбор концепции, основывающей и регламентирующей систему сбора, хранения, обработки информации и выдачи выходной продукции).

Если первые два аспекта решаются на уровне местного администрирования, то последний – идеологический – определяется на основе комплексного географического или геоэкологического анализа территории, выделения приоритетных направлений исследований, контроля и принятия неотложных мер. Только в этом случае информационная система сможет отвечать интересам ЛПР.

Прежде чем формировать структуру банка данных и функциональную схему геоинформационной экологической системы, необходимо:

- установить ее целевую направленность и объект исследований;
- определить сферу интересов потребителей информации;
- обосновать масштаб, детальность и характер информационных документов;
- установить степень оперативности предоставления информации;
- осуществить порядок получения исходных данных, форму их предоставления (структуру, вид носителя) и обеспечение получения;
- определить порядок формирования баз картографических и семантических данных и связанных с этим требований к техническим и программным средствам.

В этом случае целесообразно абстрагироваться от основных положений геоэкологического анализа в направлении анализа геоинформационных систем как систем физических объектов – сложных, поликомпонентных (с многофакторной взаимозависимостью) и элементарных, являющихся составной частью более сложных. Такой подход даст возможность моделирования процессов и прогноза развития системы, определения основных материальных и энергетических потоков, установления слабых или напряженных связей, зон и т.п.

Понятия «система», «системный подход», «системный метод», «системный анализ» чуть ли не обязательны в любом современном научном тексте, посвященном исследованиям свойств или процессов, выступающих результатом сложных взаимодействий многих факторов, явлений, состояний и т.д. Есть системы физических величин, система уравнений, транспортная, городская системы и множество иных. Но все же понятие «система» до сих пор имеет множество различных определений и в значительной степени интуитивно.

При изучении таких сложных образований, как городское хозяйство или городская эколого-социальная система, наиболее приемлемо, на наш взгляд, понимание системы как комплекса взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность. Причем этот комплекс составляет особое единство со средой и служит элементом системы более высокого порядка. Элементы любой системы, в свою очередь, выступают как системы более низкого порядка [3, 50, 87 и др.].

Поскольку все элементы сложной системы тесно взаимосвязаны, необходим учет этих взаимозависимостей, выявление роли каждого элемента и, кроме того, воздействия всей системы на отдельные ее составляющие.

Это определение, следует отметить, не является ни единственным, ни общепринятым. Однако оно отражает два важных качества сложной системы: целостность и членность. Первое подразумевает множество взаимосвязанных элементов, а второе – что элементы системы сами являются системами. Сложная система характеризуется неоднородностью ее элементов и связей. Исследовать ее можно только по подсистемам, т.к. каждая из них имеет свои особенности и даже свой язык описания [28].

В случае рассмотрения системы «город – население – окружающая среда» нас интересует функциональный аспект – исследование ее реального действия, ее реакций

на различные воздействия. При этом «воздействие» рассматривается как процесс нарушений природных комплексов и сложившихся связей некоторых свойств окружающей среды, а «последствие» – как некоторый результат этих нарушений, т.е. предлагается гипотеза рекурсивной связи между ними. Последствия могут рассматриваться не только как отклик на воздействия, но и как определенный результат управления.

В этом контексте смысл применения системного подхода состоит в перенесении результатов изучения поведения модели, при соблюдении определенных процедур, на объект исследования, что особенно важно при решении сложных проблем управления в условиях неполноты информации и наличия альтернативных вариантов.

Применение системного анализа, как правило, осуществляется по следующим этапам:

- постановка задачи: определение объекта исследования, формулирование целей, задание критериев для изучения объекта и управления им;
- выделение системы, подлежащей изучению, и ее структуризация;
- составление модели изучаемой системы (абстрактной системы).

Применительно к изучению влияния антропогенной нагрузки на состояние природной среды и оценке экологической безопасности эти этапы могут выглядеть таким образом:

⇒ объектом исследования выступает сложная система «город – население – окружающая среда»; цель в самом общем виде – обеспечение экологической безопасности населения; в качестве критериев для изучения и управления системой могут быть приняты физико-географические характеристики территории города, его экологический каркас, показатели антропогенной нагрузки на все сферы, показатели здоровья населения;



⇒ система, подлежащая изучению, может быть выделена в виде структурных блоков, являющихся подсистемами сложной системы, связанных функциональными связями и информационными каналами, а также в виде территориально размещенных «слоев», отражающих вышеперечисленные характеристики сложной системы;

⇒ модель изучаемой системы при использовании геоинформационной технологии может быть получена, например, с помощью ситуационного способа [54]. Он основан на представлении действующей системы в виде «фотографий» ее состояний в некоторые моменты времени. Например, гидрографическая сеть города на определенный момент, размещение промышленных предприятий-загрязнителей атмосферы или водной среды с количественными или балльными показателями этих загрязнений, распределение по территории города в определенный момент показателей здоровья детского населения по педиатрическим участкам, размещение различного типа застройки, зеленых насаждений, транспортных артерий с их характеристиками и т.д.

Ситуационный способ хорош тем, что он позволяет фиксировать (хотя и частично) состояния действующей системы. В результате появляются возможности проследить характер взаимодействия элементов сложной системы в определенный момент или промежуток времени.

Недостатки этого способа очевидны: ограниченный характер воспроизведения, статичность, невозможность проверки альтернативных вариантов [54]. Они снимаются путем применения геоинформационной технологии и метода построения синтетических электронных карт различных показателей антропогенной нагрузки, параметров самоочищения или экологической емкости территории, построения ретроспективных и прогнозных карт.

Ситуационный способ следует дополнить аналитическим, который в случае исследования системы «город –

население – окружающая среда» с применением геоинформационной технологии может быть представлен программными средствами («Эколог» и др.), позволяющими, например, рассчитывать параметры приземных концентраций загрязняющих веществ при различных сочетаниях выбросов в атмосферу и при различных метеоусловиях. Имея информацию прошлых лет, таким образом можно получить ретроспективу распределения параметров загрязнения. Совместный анализ этой информации с данными о распределении показателей здоровья населения во времени и по территории города даст возможность поиска рекурсивных связей между параметрами воздействия и показателями здоровья населения.

Для водной среды подобные процедуры могут быть выполнены, например, путем применения программных средств типа «Зеркало» с использованием данных наблюдений гидрометслужбы и сведений о режиме сброса сточных вод.

При моделировании системы «город – население – окружающая среда» в подсистеме «город» представляется необходимым выделить:

- отдельные предприятия и производственные комплексы, оказывающие воздействие на окружающую среду; транспортную систему и другие элементы инфраструктуры города;
- природные комплексы, которые могут быть структурированы по естественным территориальным элементам – водосборным бассейнам естественной и антропогенной гидрографической сети, по административным или каким-либо другим таксонам;
- население как основной объект последствий воздействия на окружающую среду; при этом важно отслеживать характеристики здоровья населения по возможно большему количеству участков с различными условиями жизни, иметь возможность оценивать распределение социальных параметров групп населения по территории;

- систему управления параметрами воздействия на окружающую среду, важной особенностью которой должен быть аппарат по оцениванию последствия этого воздействия.

Оценочное направление исследований требует рассмотрения всех связей в системе «город – население – окружающая среда». При этом воздействие в контексте обеспечения экологической безопасности рассматривается как причина нарушения природных комплексов, а последствие – как результат этих нарушений, сказывающийся, например, на состоянии здоровья населения.

Следует отдавать себе отчет в том, что исследование и моделирование усложняются отсутствием, как правило, жестких детерминированных связей между воздействием на природные системы, характером их изменений и параметрами хозяйственных и других последствий.

Управление подразумевает поиск вариантов регулирующего воздействия с получением такого результата, который не нарушал бы устойчивости управляемой системы. Следовательно, необходимым его звеном должен быть прогноз поведения системы в обозримом будущем – как при соблюдении современных условий, так и под влиянием различных воздействий.

Понятие «управление» имеет еще один важный аспект. В естественной обстановке в природной системе существует механизм саморегулирования. Хорошо известен процесс естественного самовосстановления нарушенных природных связей, биопродуктивности в условиях установившегося равновесия. Последнее может быть смещено в ту или иную сторону до тех пор, пока буферность (устойчивость) системы это позволяет. На хозяйственно освоенных территориях, когда площади и мощность воздействия значительно превосходят площади ненарушенных природных комплексов, способность системы к саморегуляции ослабевает или полностью пропадает. Она

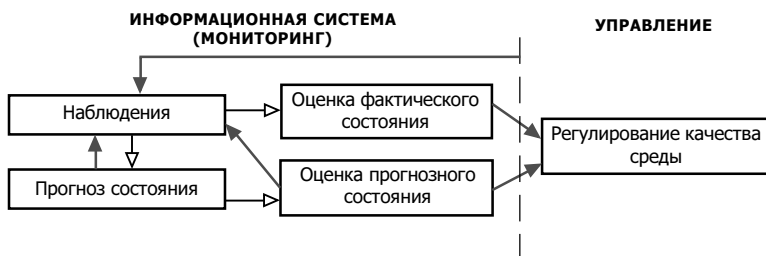
начинает развиваться по диктуемым ей извне (т.е. человеком) законам. При жестком антропогенном прессинге система распадается (деградирует почвенный покров, исчезает полностью либо трансформируется растительный покров, снижается качество природных вод и воздуха). В этом случае система уже не способна самовосстанавливаться и находится под управлением «хозяина». Если «хозяин» рачительный – формируется окультуренный или культурный природно-хозяйственный комплекс. Если «хозяин» безразличен или агрессивен по отношению к состоянию природной системы или окружающей его среды – процесс деградации продолжается с той или иной скоростью. Поэтому суть понятия «управление» заключается в разработке и принятии мер и действий по оптимизации и регулированию взаимоотношений между природопользователями и окружающей средой, исходя из учета интересов обеих сторон. От лица, принимающего управленческие решения, таким образом, зависит и качество природной среды, и состояние экологической безопасности населения.

До настоящего времени еще не разработана достаточно полная и четкая схема многоцелевого мониторинга антропогенных изменений окружающей природной среды. Наиболее отработан мониторинг некоторых геофизических процессов.

На рис. 1.2 воспроизведена схема системы управления качеством природной среды [33]. Ее мониторинговая составляющая вполне соответствует системе, по которой работает гидрометеорологическая служба. Здесь возможны и управленческие вмешательства в некоторые погодные процессы или действия по регулированию характеристик гидрологического режима водных объектов.

Так, на основе многолетних наблюдений разрабатывается методика предвычисления характеристик максимального стока. По данным о запасах воды в снеге на

Рис. 1.2. Блок-схема системы управления качеством природной среды [33]



водосборе с использованием этой методики получен прогноз объема весеннего половодья на какой-либо реке, на которой имеется водохранилище сезонного или многолетнего регулирования. Если прогнозная оценка объема половодья велика, на гидроузел поступает команда о предупредочной сработке водохранилища в соответствии с его регулируемыми возможностями, что позволит предотвратить или в значительной мере уменьшить площадь затопления в нижнем бьефе гидроузла, уменьшить вероятность разрушений различных сооружений.

Например, в 1966 г. руководство строительства Красноярской ГЭС было предупреждено гидрологами об экстремально высоком половодье на Енисее. Строители в течение трех месяцев смогли нарастить перемычками котлован для его защиты от затопления. Эта работа обошлась в 2,2 млн. руб. Прогноз полностью оправдался. Если бы перемычки не подняли, строительству был бы причинен ущерб, в десятки раз превосходящий эти затраты, не считая нарушения графика работ по возведению ГЭС [4].

По подобной схеме поступают при воздействии на грозовые облака для предотвращения выпадения града на определенной территории или осадков над каким-либо объектом. Как известно, был случай предотвращения осадков над Чернобылем. Самолеты Гидрометслужбы более месяца рассеивали облака с наветренной стороны, чтобы предотвратить смыв дождями радиоактивности в реки и

Киевское водохранилище. Механизм воздействия, конечно же, был отработан ранее в результате многолетних исследований сложной системы формирования облачности и различного вида осадков. Когда эти полеты были прекращены, в тот же день (15.06.86 г.) в Чернобыле пошел дождь [32].

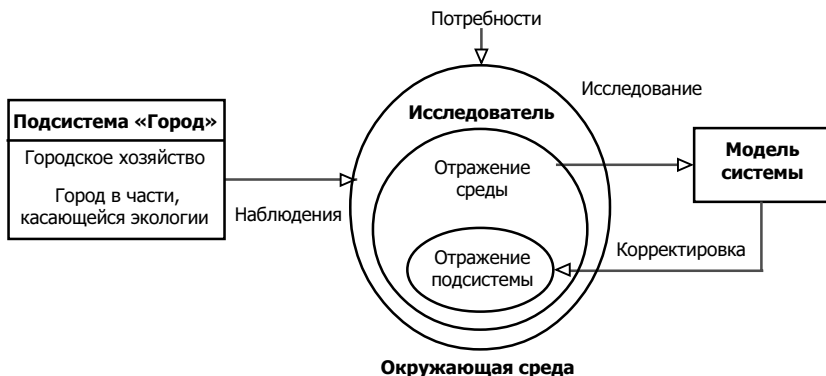
Метеорологический мониторинг включает в себя систему наблюдений за состоянием погоды с целью ее прогноза с различной заблаговременностью. Во всем мире с определенной дискретностью отслеживаются десятки параметров. Вся система наблюдений нацелена на получение прогноза погоды. При этом предвычисляются поля давления, температуры и других характеристик, определяющих синоптическую ситуацию на нескольких уровнях.

Гидрологический мониторинг основан на наблюдениях за определенными параметрами водных объектов для обеспечения оперативных прогнозов или вероятностных предвычислений на многолетний период. Все гидротехнические сооружения, как известно, рассчитываются с учетом гидрологических характеристик определенной обеспеченности, т.е. вероятности того, что данная величина будет именно такой или больше. Это тоже прогноз, только без привязки к конкретной дате наступления прогнозируемого события.

Гидрометеорологическая служба располагает обширными сетями наблюдений, а размещение пунктов наблюдений и программы их работы жестко подчинены целям прогноза. Как сети, так и программы постоянно совершенствуются в направлении их репрезентативности и оптимальности. Совершенствуются прогнозные модели.

В случае мониторинга управления качеством окружающей среды города в целях предотвращения или снижения экологического риска действия исследователя можно свести к схеме, представленной на рис. 1.3.

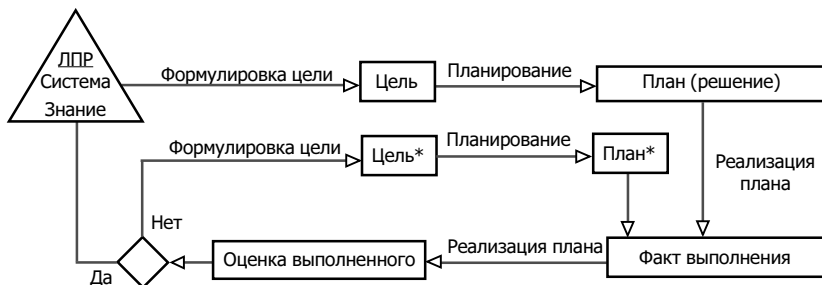
Рис. 1.3. Схема взаимодействия в системе «окружающая среда – город – исследователь»



Исходя из потребности обеспечения экологической безопасности исследователь изучает систему «окружающая среда – город», описывает ее и объясняет механизмы взаимодействия. Чтобы конкретизировать исследование, он должен определить параметры, с помощью которых будет описывать поведение системы в прошлом, настоящем и будущем. В результате его деятельности строится формализованная система, называемая моделью. На основе наблюдений она может корректироваться, чтобы минимизировать ошибки.

Следует отдавать себе отчет в том, что зачастую модель создается для информационного обеспечения управленческих действий лица, принимающего решение. Схема деятельности ЛПР в системе, приведенная в работе [55],

Рис. 1.4. Схема деятельности ЛПР

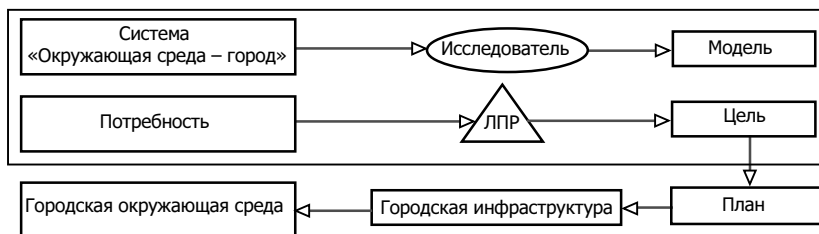


представлена на рис. 1.4. На основании знания системы ЛПР формирует цель, планирует действия по ее достижению, реализует план и по факту его выполнения может корректировать цель. Таким образом решаются задачи, связанные с управлением, функционированием и развитием системы.

В случае создания и работы геоинформационной системы экологии города исследователь и ЛПР изначально должны работать в тесном контакте, поскольку ЛПР является элементом подсистемы «город». Он формулирует цели, доводит их до других элементов системы в той или иной форме.

На рис. 1.5, по аналогии с [55], представлено сравнение схем деятельности исследователя и ЛПР. Легко видеть, что они дополняют друг друга. Могут быть общими методы исследования системы и отдельные этапы формирования цели, хотя различия очевидны: исследователь изучает взаимодействие города с окружающей средой и создает модель или модели отдельных существенных процессов данного взаимодействия. ЛПР, на основе знаний об этом взаимодействии и потребностей общества, формулирует цель, создает план ее воплощения в жизнь и, воздействуя на городскую инфраструктуру, изменяет или, наоборот, сохраняет те или иные параметры окружающей среды, от которых зависит экологическая безопасность населения или сохранение и развитие природных комплексов.

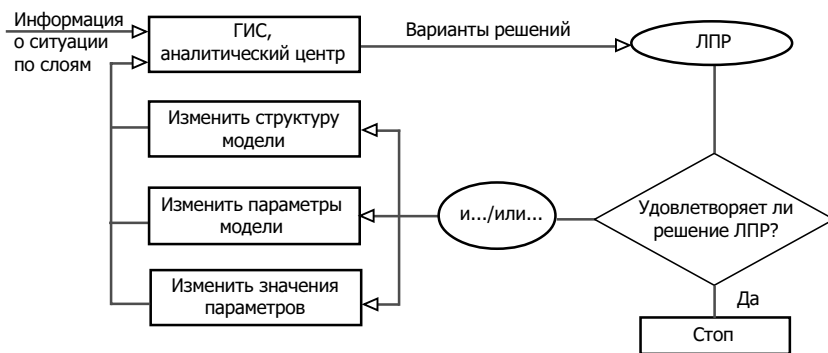
Рис. 1.5. Сравнение деятельности исследователя и ЛПР





В результате работы исследователя по заданию ЛПР и в режиме обмена идеями, особенно в формировании целей, создается геоинформационная система, информация в которой регулярно (или постоянно) актуализируется специальным аналитическим центром. Этот же центр должен быть готовым разрабатывать на основе текущей и базовой информации и предлагать руководству (ЛПР) варианты решения возникающих проблем. Структура процедуры выбора решения с использованием ГИС приведена на рис. 1.6.

Рис. 1.6. Структура процедуры выбора решения с использованием ГИС



Поскольку выбор действий зависит от ЛПР, он может свести процесс обоснования решения к деловой игре в свободной форме в рамках какого-либо сценария развития системы. Это, в свою очередь, позволяет глубже исследовать систему, предвидеть последствия тех или иных воздействий на нее.

Таким образом, совершенствование системы управления принятием решений в области региональной геоэкологии сводится к трем основным направлениям:

⇒ обеспечению оперативной, достоверной и всеобъемлющей информацией по решаемым проблемам;

⇒ контролю за динамикой состояния и качества природной среды, а также за работой систем ресурсоприродопользования;

⇒ обеспечению ЛПР научно обоснованными региональными концепциями управления качеством природной среды и ее элементами.

В рамках этих направлений наиболее эффективным механизмом для реализации главных задач является геоинформационная система экологического направления или ГИС экологии, которая должна выполнять следующие основные функции:

— обеспечивать потребителя любой необходимой тематической информацией;

— поддерживать мониторинг состояния природных и хозяйственных элементов территории;

— выполнять анализ и синтез полипараметрической информации и визуализацию данных в удобной и легко воспринимаемой форме;

— вырабатывать рекомендации, варианты (проекты) управленческих решений на основе прогнозных динамических моделей и соответствующего программного обеспечения.

### **1.3. Опыт организации информационных потоков по оценке и динамике состояния окружающей среды городов**

В России в начале XXI века дальнейшее развитие получили теоретические основы геоинформатики, начатые в 80–90-е годы прошлого века [5, 7, 8, 10, 19, 42, 43, 51, 52, 67, 88, 90, 97-99]. В последние 10–15 лет наблюдается активное развитие информационных технологий ГИС, с помощью которых осуществляется сбор, хранение, обработка данных с целью их последующего применения в принятии управленческих решений, связанных с экологическими, социальными и хозяйственными проблемами [14, 16, 17, 20, 24, 47, 49, 100]. ГИС являются удобным средством

интеграции и совместного анализа информации о различных видах деятельности человека, об объектах, функционирующих на территории, и динамических процессах, определяющих состояние природной среды. Без квалифицированного создания, наполнения, поддержки и использования ГИС все сложнее принимать обоснованные решения по комплексному использованию территории.

Важнейшей задачей на сегодняшний день является создание на всей территории России единого информационного пространства, которое обеспечило бы органы государственной власти всех уровней оперативной информацией для принятия согласованных управленческих решений.

Однако для создания единой государственной информационной базы, на основе которой можно осуществлять комплексную оценку природных ресурсов, контроль, учет их использования, охрану и воспроизводство природной среды, необходимы информационные системы оценки и анализа экологической безопасности и использования природно-ресурсного потенциала на региональном и муниципальном уровнях.

Детальный и систематизированный анализ российских геоинформационных проектов дан в территориальном обзоре Е.Г. Капралова, охватывающем большую часть субъектов РФ [35], а также в обзоре ведомственных геоинформационных проектов и программ, сделанном А.В. Кошкаревым (1999). Нами сделан краткий обзор региональных ГИС, содержащих информацию, наиболее близкую к целям нашего исследования.

Работы по созданию региональных ГИС ведутся по разным направлениям. На территории крупных регионов страны они создаются в рамках комплексных программ или международных проектов. В качестве примеров можно привести ГИС «Арктика», создаваемую в рамках международного проекта «Escarctic», ГИС «Черное море»,

которая рассматривается как инструмент сбора и предоставления данных, необходимых для осуществления международной программы по спасению Черного моря (Black Sea Environmental Program) [9, 23], ГИС «Волга» – информационно-аналитическую систему, создаваемую в рамках Федеральной целевой программы «Возрождение Волги» [29]. В настоящее время на территории более 40 субъектов Российской Федерации – республик, областей, краев, автономных областей – планируются и создаются ГИС в основном проблемно ориентированные (ресурсные, экологические, кадастровые, социально-экономические и др.), с целью последующего объединения их в интегрированные информационные системы [89]. В качестве таковых можно назвать информационно-аналитические системы по природопользованию Республики Дагестан [53], Кабардино-Балкарской Республики [44], Иркутской области [22]. Разработанный проект создания региональных ГИС для органов местного управления успешно реализуется в Пермской и Иркутской областях [67].

Разрабатываются и проектируются также ГИС на территории бассейнов крупных рек и озер. Кроме уже названных ГИС «Волга» и ГИС «Черное море», создается ГИС «Байкал» [58]. Создаются ГИС и на территории административных районов, как правило, с развитой промышленностью (Ногинский район Московской области [30], Сургутский район Ханты-Мансийского АО [94]) или в районах, где ведутся крупные разработки полезных ископаемых: ГИС «Ямал» [103], «Сургут» [94], «Нижневартовск-нефтегаз» [36]. Большое распространение за последнее время получили проекты по созданию муниципальных ГИС (МГИС), экологических ГИС города, земельного городского кадастра, градостроительства и инженерных коммуникаций.

Прежде чем перейти к анализу опыта создания ГИС на территории городов, приведем более подробную характеристику проекта ГИС «Волга» как многофункциональной

информационно-аналитической системы регионального уровня, предназначенной для централизованного хранения и целевой обработки объективной и актуальной информации о состоянии и использовании природно-ресурсного и экономического потенциала региона для информационного обеспечения принятия решений как на местном уровне, так и на уровне Правительства Российской Федерации [29].

Разработка целостной системы информационного обеспечения бассейна Волги является практически единственным средством, позволяющим аккумулировать и обновлять разноплановые существующие и планируемые данные по конкретным предметным областям и средства их обработки в рамках интегрированной информационной среды. ГИС «Волга» не заменяет административные и ведомственные информационные службы, а координирует и обобщает их работу, опираясь на специально разработанные правовые акты о взаимодействии, с разделением ответственности, прав и обязанностей. ГИС «Волга», являясь не только информационной системой, но и юридически закреплённой организационно-правовой структурой, должна аккумулировать структурированную информацию из существующих и планируемых источников, к числу которых относятся кадастровые службы (кадастр водных ресурсов, недвижимости, лесных/растительных ресурсов, земельный кадастр, кадастр природных ресурсов, промышленных предприятий и др.), а также независимых источников информации самостоятельного значения. Информация, поступающая из административных и ведомственных источников, а также информация самостоятельного значения определяет структуру и состав баз данных и порядок их использования. Независимые данные необходимы для оценки объективности информации и служат основой ее контролирующей функции. Координирующие функции определяют порядок и периодичность

предоставления информации, требования к форматам и логической структуре поступающих данных, планирование работы и порядок отчетности служб, предоставляющих информацию. В большинстве случаев в ГИС поступает интегрированная или генерализованная информация, однако при необходимости служба ГИС может запрашивать и получать первичные данные в зависимости от уровня запросов и их срочности. Наряду с координирующими и контролирующими функциями, обеспечивающими внутреннюю жизнедеятельность ГИС «Волга», ее служба должна обеспечить разрешительные или согласующие функции при принятии ответственных решений территориального уровня, т.е. специалисты службы ГИС «Волга» направляют в исполнительную дирекцию Программы и директивные органы обоснованные заключения о состоянии и возможном развитии процессов в природно-хозяйственных комплексах. ГИС «Волга» как геоинформационная система регионального уровня, имеющая одновременно общенациональное значение, должна взаимодействовать с соответствующими структурами краевых, областных, районных и городских уровней, решающими задачи своего масштаба, но построенными на аналогичных принципах [29]. В работе приводятся основные задачи, решаемые ГИС «Волга»:

- ⇒ классификация, сбор, упорядочивание, периодическое обновление и анализ разнородных и разноплановых данных в соответствии с разработанной структурой и классификаторами данных, т.е. формирование геоинформационных баз данных;

- ⇒ оперативное информирование пользователей системы и отдельных подсистем о состоянии территории по тематической направленности и зонам ответственности;

- ⇒ информационное обеспечение управленческих решений, влияющих на состояние территории, экспертизы территориальных проектов;

⇒ моделирование развития природных и техногенных процессов, в том числе быстропротекающих, и их влияния на состояние территории;

⇒ взаимодействие с общегосударственными и международными информационными системами.

Одной из особенностей проектирования и последующей эксплуатации ГИС «Волга» является необходимость удовлетворения требованиям сложной интегрированной системы при децентрализованном подходе к сбору исходной информации. ГИС «Волга» должна обеспечить получение и взаимоувязку принципиально разнородных, разноплановых и одновременных данных, поступающих из различных источников. По видам и объемам хранимой и обрабатываемой информации ГИС «Волга» относится к категории интегрированных систем с распределенными базами данных, объединенными, исходя из централизованного подхода к администрированию и повышенных требований к надежности, в вычислительную сеть [29].

На муниципальном уровне проблема использования современных информационных технологий в процессе управления и принятия решений стоит наиболее остро. Без создания единой информационной среды, содержащей постоянно обновляемые данные о городских землях, недвижимости, инженерных и транспортных коммуникациях, экологической обстановке и др., невозможно применение современных методов управления городом. Однако создание и функционирование ГИС сопряжено с рядом специфических задач организационно-правового, научно-технического, технологического и финансово-экономического характера. Одной из них является проблема несовместимости данных в связи с использованием разных форматов хранения информации и структур полей БД, различиями в классификаторах и справочниках, разными системами координат, различной точностью и

достоверностью имеющихся материалов, что связано с ведомственной разобщенностью и несогласованностью технической политики. Следует отметить, что основные операционные затраты (до 80%) на развертывание МГИС связаны с вводом и обновлением инвентаризационных данных об объектах недвижимости и городской инфраструктуры (в первую очередь, в части графической информации) [62].

Другой проблемой, почти неизбежно возникающей при проектировании МГИС, выступает отсутствие картографической основы нужного качества. При решении большинства прикладных задач требуется основа крупного масштаба (от 1:500 до 1:25 000) и большой насыщенности (десятки тематических слоев), тогда как на более высоких уровнях территориальной иерархии (собственно пространственная природа данных задач служит иллюстративным фоном) для статистической обработки и визуализации табличных характеристик объектов может быть использована картографическая основа мелкого масштаба. Реально же во многих городах имеются по два-три программных продукта с оцифрованной графической информацией, в которых данные противоречат друг другу и часто не имеют геодезической привязки [21]. Кроме того, в нашей стране службы управления большинства городов до настоящего времени не занимались созданием кадастров и ГИС и не имеют необходимого опыта работы, а научные организации – достаточно научных разработок, способных обеспечить производство современной научно-технической базой. Сказывается и слабая укомплектованность вычислительной техникой и программным обеспечением. Однако потери, связанные с отсутствием упорядоченной и достоверной информации о городской территории, уже сегодня превосходят необходимые затраты на создание ГИС. С дальнейшим развитием рыночных отношений отсутствие такой информации



будет наносить все более ощутимые потери, а решение задач по регулированию земельных вопросов, градостроительства, определения налоговых ставок, охраны окружающей среды делается весьма проблематичным [40].

О значимости ГИС можно судить и по тому вниманию, которое уделяется им в большинстве развитых стран. Во многих из них образованы национальные и региональные организации, в задачи которых входят развитие исследований, связанных с ГИС и автоматизированной картографией, разработка предложений в сфере национального и городского планирования информации, координация программ получения, обработки и распространения этой информации, создание сетей ГИС. Для этих целей разработана правовая база, производится мощное аппаратное и программное обеспечение, налажена подготовка и переквалификация необходимого класса специалистов.

В Европе, например, насчитывается около 100 тыс. муниципалитетов, которые используют в работе собственную городскую информационную систему. Как правило, процесс создания полностью интегрированных информационных систем занимает не менее 10 лет и проводится в несколько этапов [11]. Основными производителями и потребителями геоинформации в европейских городах являются такие службы муниципалитетов, как отдел экономического прогнозирования и развития города, жилищный, архитектуры, городского хозяйства, экологический, статистики, кадастровое бюро, комитет по земельным ресурсам. Геоинформация в муниципальном управлении используется главным образом для выполнения задач по содержанию жилого фонда, городскому планированию, оптимизации транспортного движения, сбору земельного налога и т.д.

Муниципалитеты европейских городов, как правило, используют децентрализованные ГИС. Благодаря доступности мощных дешевых компьютеров, каждый отдел разрабатывает собственную концепцию по использованию

географической информации. В среднем по количеству населения в европейском городе (около 150 тыс. жителей) может быть задействовано несколько десятков локально ориентированных информационных систем [11]. Для обеспечения геоинформационного обмена, объединения данных частных ГИС в единую систему разрабатываются программы по стандартизации – в первую очередь для базисной информации, используемой несколькими отделами, и согласуется выбор масштаба, структуры и качества данных. Разрабатываются одновременно нормативно-правовые аспекты; вопросы финансирования, которые решаются очень не просто из-за того, что эффективность системы на начальном этапе не слишком высока и прибыль при ее эксплуатации получается через несколько лет. Значительные сложности сохраняются в выборе географических объектов и с большим трудом достигается повышение качества данных – их надежности, точности и актуальности.

Планирование и проведение мероприятий по оздоровлению окружающей среды невозможно без точной и всесторонней оценки существующей ситуации и согласования с основными направлениями развития городской инфраструктуры. Для решения этих задач требуется анализ большого объема исходных данных различной тематики (проектировочных карт и схем, результатов полевых обследований, данных анализов и расчетов и др.) и создание набора результирующих материалов оценочного, прогнозного и рекомендательного характера. Многие из этих материалов целесообразно представлять в виде сопоставимых и взаимодополняющих карт, схем, блок-диаграмм и других картографических материалов. Создание их традиционным путем – длительный и трудоемкий процесс, поэтому для картографического сопровождения работ, организации оперативного картографирования, ведения баз данных и решения ряда других задач целесообразно использовать геоинформационный подход [46].

Сфера применения ГИС в экологии уже сейчас крайне разнообразна и постоянно расширяется за счет появления новых факторов и объектов, привлекаемых к рассмотрению и анализу. Автоматизация многих производственных процессов и, как следствие, повышение эффективности работы в целом обеспечивает ГИС-технологии достойное место при реализации самых разных экологических программ. ГИС в экологии на данный момент являются реальным производственным инструментом, приносящим значительную выгоду, и перестали для многих быть просто престижной, но достаточно бесполезной вещью. Среди муниципальных ГИС, которые уже создаются на территории Российской Федерации или находятся в стадии проектирования, экологический блок, как правило, выступает составной частью общегородской системы и служит для комплексной экологической оценки территории и для обеспечения проведения экологического мониторинга (табл. 1.1).

Показателен пример программы «ГИС-Сургут», составной частью которой является ГИС «Природопользовательский и экологический мониторинг г. Сургута», предусматривающая комплексную экологическую оценку территории для принятия управленческих решений. Для этого в структуре ГИС-комплекса предусмотрено три функциональных блока: информационный, аналитический и принятия решений. Работа проводилась на базе ГИС MapInfo. Основные требования для функционирования аналитического блока: использование стандартных сертифицированных моделей распространения загрязняющих веществ в атмосфере с учетом природно-климатических условий, застройки территории и метеорологических процессов в пределах территории; интерполяция данных инструментальных измерений в системе мониторинга загрязнения окружающей среды; медико-экологическая оценка условий проживания населения на данной территории.

**Таблица 1.1. Основные характеристики муниципальных ГИС, содержащих экологический компонент**

Название ГИС	Целевое назначение	Тематика	Масштаб	Программное обеспечение
ГИС г. Тулы	Многоцелевая	Экологический мониторинг, земельный кадастр, управление природопользованием	1:25 000	Mapinfo 4.1
ГИС «Природопользовательский и экологический мониторинг г. Сургута»	Проблемно-ориентированная	Экологический мониторинг, управление природопользованием, чрезвычайные ситуации	Нет информации	Mapinfo
ГИС г. Волгограда [31, 86]	Многоцелевая	Земельный кадастр, экологический мониторинг, социально-экономическая сфера	1:2 000 1:500	INTERGRAF, Bentley Systems
ГИС г. Тольятти	Проблемно-ориентированная	Экологический мониторинг	1:25 000 1:5 000	ArcView 3.0, Mapinfo 4.0
ГИС г. Королева	Многоцелевая	Экологический мониторинг, управление природопользованием, градостроительство, медико-экологическое обследование	1:50 000	GeoGraph/GeoDraw
ГИС г. Обнинска	Многоцелевая	Экология, земельный кадастр, кадастр недвижимости	Нет информации	ARC/INFO
ГИС «Экологическое состояние г. Омска»	Проблемно-ориентированная	Экология, управление природопользованием	1:25 000	ARC/INFO
ГИС г. Ростова-на-Дону	Проблемно-ориентированная	Эколого-геохимический мониторинг Оценка и прогноз состояния окружающей среды	Нет информации	ArcView Spatial Analyst
ГИС г. Перми	Проблемно-ориентированная	Экологический мониторинг Медико-экологическое обследование	1:25 000	ArcView
ГИС г. Салехарда	Проблемно-ориентированная	Экологический мониторинг Мониторинг чрезвычайных ситуаций Управление природопользованием	1:10 000	ArcInfo
ГИС г. Свердловска	Проблемно-ориентированная	Медико-экологический и социально-гигиенический мониторинг	1:25 000 и 1:10 000	MapInfo
ГИС г. Томска	Проблемно-ориентированная	Экологический мониторинг	Нет информации	Нет информации
ГИС г. Иркутска	Проблемно-ориентированная	Управление природопользованием	1:2 000 1:10 000 1:25 000	Пакет ENVI
ГИС г. Саратова	Проблемно-ориентированная	Экология и природопользование	1:100 000	AutoCad

Экологический блок «ГИС-Сургут» позволяет решать следующие задачи: проводить корректировку экологического раздела Генплана города с учетом сложившейся ситуации (размещение промышленных объектов, автодорог, озеленение территории, застройка микрорайонов и т.д.); прогнозировать экологические ситуации при изменении застройки, появлении новых промышленных объектов, автодорог; оперативно решать проблемы при возникновении чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом загрязняющих веществ [94].

Другим примером наиболее успешной реализации городской ГИС, где экологическому блоку придается большое значение, может служить «ГИС-Тула» [1]. Проект был начат специалистами государственного предприятия «Центромаркшейдерия» и администрацией г. Тулы в 1993 г. Главная цель – решение комплекса задач по планированию и управлению, среди которых – проблемы прогнозирования многих социальных, экономических, технических и других процессов, происходящих на ограниченной городской территории, и визуализация полученных моделей прогнозов на существующей топографической основе. Основой для «ГИС-Тула» служит электронная карта города, отображающая информацию о населении, селитебной территории, инженерных коммуникациях, строительстве, землепользовании, геологическом строении территории, экологии. Исходной информацией для создания электронной карты являются топографические планы (масштаб 1:2000) г. Тулы. Топографическая информация, хранящаяся в графических базах данных, дополняется результатами аэрофотосъемки, данными работы системы глобального позиционирования и данными электронной тахеометрической съемки.

Работы в рамках экологического блока включали комплексную аэроэкологическую съемку территории города, которая позволила определить: состояние загрязнения

воздушной среды путем картирования распределения в атмосферном воздухе аэрозолей основных элементов-загрязнителей; распределение метана, диоксида азота и серы; состав и плотность загрязнения территории радионуклидами. В результате обработки построены карты (масштаб 1:25 000) с распределением соответствующих элементов в воздухе по результатам аэрозольной и газовой съемки; изолиний содержания тория, урана, калия; изолиний мощности радиационной дозы с сечением 1 мкР/ч, запаса цезия 137 в почве с сечением 0,1 Кю/км<sup>2</sup>, концентраций локального радона 222.

Полученная по результатам комплексной аэроэкологической съемки информация позволила выявить наиболее устойчивые комплексы загрязняющих элементов и соединений, установить их связь с основными источниками загрязнения с помощью целевой математической обработки; установить связь между характером и степенью загрязнения территории комплексами факторов, с одной стороны, и основными показателями качества жизни – с другой; разработать основы методологии управления экологическим состоянием городской среды с целью улучшения качества жизни населения. В результате обработки всей совокупности данных выполнено районирование территории города по степени загрязненности устойчивыми комплексами элементов, обусловленными едиными источниками. С помощью статистического анализа комплексных экологических данных совместно с данными, характеризующими качество жизни, выполнено районирование территории города по степени комфортности и безопасности среды обитания [1].

В отличие от двух предыдущих геоинформационная система, разрабатываемая в Тольятти [35], содержит только экологическую информацию. Ее основные задачи:

⇒ оценка рассеивания загрязняющих веществ от неподвижных и подвижных источников выбросов в атмосферу;

- ⇒ оценка влияния стоков города на Куйбышевское и Саратовское водохранилища;
- ⇒ мониторинг мест складирования отходов;
- ⇒ мониторинг лесов в пределах города;
- ⇒ мониторинг эпидемиологических заболеваний;
- ⇒ контроль за состоянием водоохранной зоны Куйбышевского и Саратовского водохранилищ.

Используются цифровые карты (масштаб 1:5000 – 1:25 000) Тольятти. Для целей инвентаризации земель ведутся работы по съемке города в масштабе 1:500, выполнена актуализация картографической основы в масштабах 1:500 – 1:2000 и созданы базовые цифровые картографические слои. Экологическими службами и другими организациями Тольятти осуществляется сбор экологической информации по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, сбросам сточных вод, захоронению, утилизации и переработке отходов, эпидемиологическим заболеваниям, проводится моделирование разбавления стоков в Куйбышевском и Саратовском водохранилищах и мониторинг состояния лесов в пределах городской территории. Гидрометеообсерватория ведет мониторинговые наблюдения за состоянием воздушной среды.

В подмосковном Королеве, в рамках работ над проектами реконструкции производственной зоны «Курьяново», НИИПИ экологии разработан компьютерный «Атлас эколого-градостроительных режимов землепользования» [45]. При создании применялись программные средства, разработанные в Институте географии РАН (ГИС GeoGraph и редактор GeoDraw). В основе атласа лежит идея выявления внутренних механизмов функционирования территории и выделения на их основе зон с различными видами хозяйственной деятельности. В результате проведенных исследований состояния компонентов и процессов окружающей среды, инвентаризации деятельности существующих городских объектов была составлена

серия карт первого блока «Характеристика существующего состояния территории». На их основе во втором блоке атласа представлены карты рекомендуемого функционального зонирования: рациональных отводов земель; рекомендуемых режимов эксплуатации зданий, сооружений и других участков территории.

Администрацией г. Королева, ее экологическим отделом и другими структурными подразделениями организовано создание технических и информационных основ для обеспечения комплексного анализа территориального распределения данных с целью организации рационального природопользования (в том числе землепользования и экологически оптимального размещения, использования, перепрофилирования объектов недвижимости). В результате были созданы:

- электронная карта – основа для визуализации и анализа с помощью ГИС-технологии, имеющая территориальную привязку;
- векторная схема комплексного экономического зонирования города, которая отражает особенности существующего функционального зонирования городской территории;
- схема комплексной оценки природоохранного и историко-культурного потенциала городской территории.

Кроме того, был проведен первый базисный этап комплексного медицинско-экологического обследования территории, который завершился созданием электронного атласа [105], включившего такие карты, как состояние здоровья детей по 11 показателям на участках; экологическое зонирование г. Королева по сумме биоиндикационных признаков; распределение состояния жилфонда, преступности, политической активности и др.; загрязненность территории по средам: воздух (запыленность атмосферы, результаты снеговой съемки), почвы, воды; геоэкологическая ситуация; характеристики инфраструктурного



каркаса (транспортной нагрузки на основные магистрали). На основе созданных материалов разрабатываются рекомендации для администрации города, сопровождаемые соответствующими схемами.

Город Обнинск является одним из передовых в области развития геоинформатики, создания и ведения городских ГИС. С 1992 г. здесь функционирует муниципальная геоинформационная система, созданная на базе пакетов фирмы ESRI, Inc. (Институт исследований систем окружающей среды, США). Выбранный базовый пакет позволяет в полной мере заниматься вводом карт и их редактированием; строить топологию объектов и выполнять геометрическую коррекцию; проводить анализ (выявлять перекрытия, буферные зоны и т.д.). Имеются развитые средства визуализации, оформления и вывода информации. Создание МГИС в Обнинске проходило поэтапно. Сначала была создана базовая ГИС. В нее собрали информацию, которая одинаково необходима почти всем службам города: о границах города, квартальной разбивке, границах предприятий, общегородских магистралях и т.д. Затем провели интеграцию этих данных с уже наработанными в рамках существующей информационной системы данными общегородских баз: паспортного стола (жители города); паспортов зданий (БТИ); предприятий города. Это позволило осуществить ряд пилотных проектов: формирование системы расчетов ставок налогообложения по г. Обнинску с использованием информации, предоставленной управлением архитектуры, жилотделом и санэпидемстанцией; проект по созданию земельного кадастра совместно с комитетом по земельным ресурсам, а также проект «Экологическая ситуация» совместно с комитетом по экологии. Эти проекты выполняются в рамках единой муниципальной геоинформационной системы, что предполагает единую систему координат и единый формат хранения данных [96].

По заказу Центра Управления в чрезвычайных ситуациях (ЦУЧС) Минатома России в 1994 г. в г. Обнинске была выполнена работа по созданию типовой ГИС «Ядерно-опасная площадка». Эта система предназначена для повышения эффективности и оперативности управленческих решений в случае возникновения аварийных ситуаций на ядерно- и радиационно-опасных объектах ФЭИ, а также для проведения комплексных противоаварийных тренировок (средство обучения).

Основные слои цифровой карты: здания и сооружения; ядерно-опасные объекты; радиационно-опасные объекты; различные производства. Дополнительные слои содержат в себе следующую информацию: дороги; транспорт; спецзоны; охранные полосы; электроснабжение; канализация; оповещение и связь; склады (открытые и закрытые). По каждому ядерно-опасному зданию составляется перечень аварий с возможным выбросом активности. Для каждой аварии разрабатывается дерево ее развития: первопричины, рекомендуемые действия по локализации и ликвидации аварии. Информация о необходимых входных данных модели поступает в систему в режиме реального времени [13].

Омский городской комитет по охране природы разрабатывает комплексный проект «Система управления природопользованием», основой которого является географическая информационная система, позволяющая проводить совместный анализ целого ряда факторов экологии города. Главное назначение ГИС – определение загрязнения воздуха, почв, снежного покрова, характеристика экологозависимых заболеваний и экспертная оценка сложившейся экологической ситуации [41].

На территории г. Ростова-на-Дону с 1989 г. проводится эколого-геохимический мониторинг с использованием ГИС-технологий, цель которого – получение оперативной информации о состоянии окружающей среды, загрязнении

атмосферного воздуха, почв, грунтовых вод, уровне шума. Создание экологических карт с помощью программного обеспечения ArcView позволяет производить оценку экологической обстановки в городе, выявлять источники загрязнения и пространственное распределение содержания химических соединений в природных средах и прогнозировать развитие экологических ситуаций на территории города [76]. Оценка суммарного загрязнения окружающей среды позволяет проводить на ее основе совместные эколого-геохимические и медико-гигиенические исследования и выделить в городе районы с различным уровнем экологической комфортности проживания [77].

Экологический проект муниципальной ГИС г. Перми реализован в рамках программы создания региональных ГИС для органов государственной власти, которая осуществляется в Пермской области с 1998 г. Основное назначение данной ГИС – выявление динамики заболеваемости населения по районам города за последние шесть лет, оценка состояния окружающей среды и разработка программ медико-экологической реабилитации детей [67].

Успешно разрабатываются экологические ГИС в Салехарде, Свердловске, Томске, Иркутске и других городах.

По целевому назначению городские ГИС могут быть многоцелевыми (ГИС Тулы, Обнинска, Королева) или проблемно ориентированными (экологические, кадастровые, градостроительные, инженерных коммуникаций и т.д.). Многоцелевые – это сложные интегрированные системы, обязательно включающие в себя блок ГИС экологии города. Некоторые характеристики рассматриваемых ГИС приведены выше в табл. 1.1.

Если принимать во внимание важность экологической информации для обеспечения жизнедеятельности города, разработки генерального плана его развития, планирования природоохранных мероприятий, учета экологической обстановки при стоимостной оценке земли, очевидна необходимость создания специализированных

экологических ГИС. Во многих городах Российской Федерации активно ведутся работы по их проектированию и эксплуатации. Однако их создание – задача весьма сложная, дорогостоящая и трудоемкая. Основное отличие экологических ГИС состоит в необходимости использования динамических экологических моделей, чаще всего массо- и энергопереноса. Но при довольно существенном количестве систем экологического моделирования, которые можно сопрягать с ГИС, пока не выработаны критерии качества экологических моделей и отсутствуют контрольные примеры для их проверки. Недостаточно и опыта сопряжения их с ГИС. Кроме того, реальная территориальная экологическая система, будучи комплексной, содержит информацию о разных процессах и явлениях. Поскольку сбор этой информации осуществляется различными службами (органы охраны природы, санэпиднадзора, гидрометслужба и т.д.), закономерно возникновение организационных, правовых, юридических и технических проблем проектирования и эксплуатации системы, обусловленных увязкой разнородных данных и их стандартизацией. Это требует обоснованных совместных решений исследователей, создающих ГИС, и лиц, принимающих решения.

#### **1.4. Геоинформационная система как механизм организации автоматизированного информационного обеспечения процесса управления и научного анализа**

Для того чтобы определить необходимое программное обеспечение ГИС экологии, следует рассмотреть существующие и работающие системы различного типа и целевого назначения.

С оговорками на приближительность и условность классификации можно сказать, что в настоящее время в геоэкологических работах применяются два типа геоинформационных систем – топологические и нетопологические.

Первые способны обрабатывать информацию, связанную с категориями соседства, включенности, окрестностей, различают правую и левую стороны объектов, вторые – нет.

Пример первого типа – продукт компании ESRI, Inc. ARC/INFO и его дериваты, так называемые ARC/INFO BASED SOFTWARE («аркинфоподобные» системы).

Пример второго типа – ГИС Mapinfo.

Оба программных продукта также могут иллюстрировать другую дифференцировку – по области применения. Первый решает задачи преимущественно аналитического и мониторингового характера, поскольку обладает большим числом интегрированных функций, возможностью автоматизации ввода и вывода информации и даже возможностью создания экспертно-аналитических автоматизированных систем. Поэтому ARC/INFO подобные системы в основном применяются для ведения кадастровых работ, анализа и визуализации оперативно поступающей информации, например, в области контроля качества среды обитания человека, полицейской службы, контроля коммуникаций и т.п.

«Мапинфоподобные» системы более приспособлены для подготовки картматериалов к публикации. В недалеком прошлом программы, работающие с пространственной информацией, делились еще и по признаку типа форматов данных. Некоторые программы работали главным образом с растровыми (формат, оперирующий координатами дискретных единиц изображения, образующих правильную прямоугольную решетку), чаще всего – с данными дистанционного зондирования в цифровом виде. Их иногда называют растровыми ГИС. Примеры: ERDAS IMAGINE (наиболее профессиональная «большая» система), IDRISI, EPPL.

Специфика работы этих систем заключается в использовании дискретных данных и методов для обработки кон-

тинуальной (непрерывной) пространственной информации. Другие использовали векторные форматы данных (информация о координатах точек) для ввода, обработки и вывода информации. Многообразие частных форматов конкретных программ создает определенные трудности при переносе данных из формата в формат. Эта проблема существует преимущественно для векторных ГИС, так как именно векторные слои являются основным способом представления информации в геоинформатике. В этой области проблема конвертации стоит наиболее остро за счет высокой степени интегрированности информации и, соответственно, множественности источников ее поступления.

Данные из табличных процессоров и реляционных систем управления базами данных (СУБД) лучше всего экспортировать и хранить в формате dBase IV. Цифровые слои могут храниться в пригодном для восприятия почти всеми системами формата GEN фактически просто как ASCII текстовый файл, содержащий информацию о координатах и идентификаторах точек-вершин. Растровая информация может храниться в одном из распространенных графических форматов, например TIFF.

Вопрос выбора базовой системы для интегрирования пространственной информации довольно сложен. Приведение в соответствие содержательных задач, финансовых возможностей и стоимости проведения работ, включая программно-аппаратное обеспечение и трудозатраты, – пример сложной оптимизационной задачи. Применение больших систем возможно либо при коммерческом подходе, либо в рамках университетских или академических программ с привлечением внешнего безвозмездного финансирования – средств благотворительных фондов, правительственных субсидий, бесплатных поставок программ и оборудования непосредственно от производителей. Для государственных учреждений возможна кооперация с научными учреждениями на договорной основе

и/или использование недорогих настольных (DESKTOP) массовых систем класса ArcView или ATLAS.

Другой вариант – проведение работ на базе свободных программ и российских программных продуктов. В области ГИС в качестве примера можно назвать комплекс GeoGraph. В области IP (IMAGE PROCESSING) – SCANEXNERIS. Применим также комбинированный метод, когда масштабные аналитические работы проводятся на договорной основе внешними партнерами, а интеграция аналитических данных, оперативное дополнение и разработка вариантов решений производятся самими организациями.

Ниже приведем краткое описание наиболее популярных программных продуктов. Более подробные сведения о них можно почерпнуть по приведенным здесь же адресам Internet.

**ARC/INFO**<sup>1</sup>. Универсальное и наиболее распространенное в мире математическое обеспечение для создания геоинформационных систем, обеспечения компьютерного картографирования и оперативного принятия решений. Оно работает с любыми видами информации, имеющей привязку к территории. С помощью ARC/INFO можно легко получить в цифровой форме любую карту, схему, видеоизображение или рисунок, ввести табличные, статистические и другие тематические данные, привязанные к объектам карты. ARC/INFO позволяет работать с сериями карт, накладывая одну карту на другую, и проводить их сопряженный анализ, создавать «твердые» копии необходимых карт и схем. ARC/INFO широко используется в 80 странах мира для сбора, интеграции, хранения, получения и анализа информации о природной среде и ресурсах, промышленности, сельском и городском хозяйстве, социально-экономической инфраструктуре. Система удобна для создания земельных, лесных, геоло-

---

<sup>1</sup> <http://intd.uni.udm.ru/reclama/osARCINFO.html>.

гических и других кадастров, принятия хозяйственных решений по рациональному природопользованию, охране среды и т.д. ARC/INFO широко используется муниципальными властями многих стран для получения и оперативного анализа информации о самых разных аспектах жизни города и его служб. ARC/INFO с успехом используют как коммерческие структуры, так и военные ведомства. Среди 20 000 пользователей ARC/INFO – муниципалитеты Боготы, Буэнос-Айреса, Вены, Гонконга, Лос-Анджелеса, Москвы, Нью-Йорка, Парижа, Тель-Авива, Токио и т.д.; районные полицейские участки и Диснейленд, ЮНЕСКО, ФАО, ЮНЕП, ВМО, ВОЗ и другие организации ООН; университеты и академические учреждения, Международный банк, компания «Локхид», Пентагон, геологические службы США и Греции, ВВС Швеции, Госкомнедр России, национальные парки, нефтяные и лесные компании, многие другие организации. В России и странах СНГ насчитывается уже более 200 пользователей. ARC/INFO существует в двух вариантах: для персональных компьютеров типа IBM PC, работающих в DOS и под Windows, и для рабочих станций, работающих под операционной системой UNIX и основанных на RISC-процессорах. Оба варианта включают необходимые и достаточные функции для полного создания и работы ГИС.

Настольные ГИС, работающие на персональных компьютерах, предназначенные для учебных и справочно-информационных целей, не обладают развитыми средствами анализа данных – характерной чертой крупных систем. Представителями этого класса ГИС являются ATLAS GIS, Mapinfo, P-процессор, Каскад, Зулу и ряд других отечественных и зарубежных систем.

**ATLAS GIS<sup>1</sup>.** Полнофункциональная оболочка географических информационных систем среднего класса имеет следующие возможности:

---

<sup>1</sup><http://www/dataplus.ru/WIN/ESRI/AtlasGis>.



- ⇒ все обычные средства ввода, редактирования и печати / рисования карт, осуществляемых через графический интерфейс Windows;
- ⇒ развитые презентационные средства: полное управление цветами и штриховками;
- ⇒ создание и редактирование символов, многочисленны вставки;
- ⇒ тематическое картографирование, деловая графика, круговые и линейные диаграммы, графики и т.д.;
- ⇒ возможность создания приложений с помощью ATLAS WARE GIS / C/ VB (ГИС-расширений языков Си и MS Visual Basic соответственно);
- ⇒ работа с растровыми проектами (растровые подложки);
- ⇒ пространственный поиск/анализ, возможность комбинировать географические объекты, агрегировать данные по географическому признаку, создавать буферные зоны;
- ⇒ геокодирование, поиск по почтовым адресам и индексу, возможность поиска по неполному или неточному адресу;
- ⇒ специальные средства обработки данных, основанные на библиотеке встроенных функций и операторов (59 функций и 22 оператора);
- ⇒ процедура генерализации, позволяющая избавиться от избыточных деталей карт;
- ⇒ развитые функции импорта и экспорта данных в другие форматы (ATLAS IMPORT/EXPORT поддерживают форматы всех известных ГИС-программ);
- ⇒ встроенная система управления базами данных, совместимая с Lotus 1-2-3, MS Excel и dBase, позволяет хранить данные в различных таблицах, связанных со «слоями» карт;
- ⇒ встроенная поддержка SQL позволяет обращаться к так называемым SQL-серверам, что весьма удобно при работе в больших сетях;

⇒ встроенная поддержка Application Linking дает возможность связывать с географическими объектами видео- и звуковые фрагменты, иллюстрированные изображения, документы и т.д.;

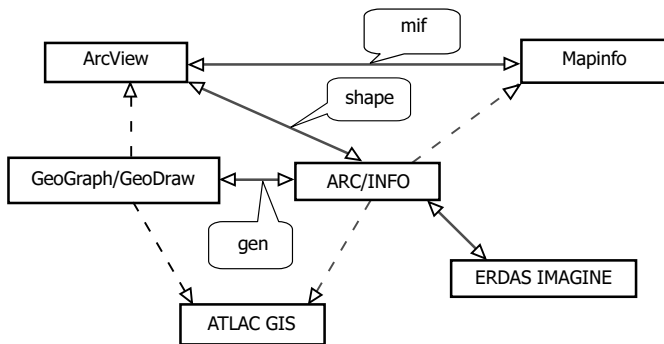
⇒ поддержка технологии OLE, что позволяет быстро и легко редактировать карты, вставленные в документы;

⇒ прямое чтение и запись Shape-файлов ESRI, MIF/MID, обменных файлов Mapinfo и ATLAS BNA ASCII-файлов ATLAS GIS и многое другое.

**ARC VIEW.** Настольная система – дериват ARC/INFO, основное отличие: базируется на PC, низкая (сравнительно с ARC/INFO) стоимость. Внутренний формат SHAPE/Расширяемая система есть внутренний язык программирования AVENUE.

На рис. 1.7 приведена схема, иллюстрирующая возможности обмена данными между наиболее популярными программными средствами, применяемыми для создания ГИС.

**Рис. 1.7. Схема конвертации данных при обмене между наиболее популярными ГИС**



Примечание. В выносках даны названия обменных форматов; пунктирные стрелки проходят «под» блоками не прерываясь.

На первом этапе следует, видимо, ограничиться в качестве базовой системы программным средством ArcView версии 3 и выше, а для пользователей – отечественной системой GeoGraph/GeoDraw в ее последних модификациях.

## ГЛАВА 2

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В г. ВОЛОГДЕ

Вологда является центром Вологодской области и одним из ее промышленных городов наряду с Череповцом и Соколом. На ее территории находится около 120 промышленных предприятий теплоэнергетики, машиностроения, стройиндустрии, деревообработки, лесохимии и др. Кроме того, это крупный железнодорожный узел. Население областного центра составляет 296,3 тыс. человек (по данным за 2004 г.).

Город расположен в северной части Восточно-Европейской равнины, в подзоне южной тайги, в Присухонской низине, на р. Вологде – правом притоке Сухоны. По его территории проходит граница двух основных ландшафтов: в пределах Присухонского низменного озерно-ледникового ландшафта находится северо-восточная часть города, а на Грязовецкой возвышенной морене – центральная и юго-западная, большая часть города.

Вологда не относится к городам с благополучной экологической ситуацией. Как и для большинства городов России, для нее характерна низкая экологизация производства, устаревшие технологии, плохое качество очистных сооружений и невысокая экологическая культура населения.

Вологда – один из древнейших городов Русского Севера (впервые упоминается в 1147 г.) с сохранившимися уникальными историко-культурными ансамблями XVI–XVII вв., что должно способствовать созданию крупного туристического центра (наряду с такими хранителями

памятников архитектуры, как Ферапонтово, Белозерск, Великий Устюг). Для этого, помимо формирования экономических, социальных, правовых и организационных условий, необходимо принятие мер по улучшению экологической обстановки в городе.

## 2.1. Загрязнение окружающей среды города

### 2.1.1. Загрязнение атмосферного воздуха

Основными стационарными загрязнителями атмосферного воздуха в г. Вологде являются предприятия теплоэнергетики, машиностроения, строительной индустрии, деревообработки, лесохимической промышленности.

Более 145 предприятий города выбрасывают в атмосферу 5,69 тыс. т загрязняющих веществ, из них 12% приходится на долю твердых и 88% – газообразных и жидких. В выбросах газообразных веществ преобладают: оксид углерода – 44,8%, оксиды азота – 31,1%, летучие органические соединения (ЛОС) – 12,9%, сернистый ангидрит – 7,4%.

Выбрасываемая в атмосферу твердая фаза представлена веществами 43 наименований, а газообразная – 59.

Структура выбросов загрязняющих веществ по годам приведена в табл. 2.1.

**Таблица 2.1. Количественно-качественная характеристика выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников г. Вологды [27]**

Загрязняющее вещество	1994 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Всего, тыс. т	Н/д	6,97	6,24	6,22	6,36	5,69
Твердые	Н/д	1,15	1	0,87	0,73	0,71
Газообразные и жидкие	Н/д	5,82	5,24	5,35	5,63	4,98
из них:						
– диоксид серы	1,9	0,86	0,42	0,46	0,64	0,37
– оксид углерода	4	3,18	2,77	2,82	2,64	2,23
– оксиды азота	1,7	1,37	1,39	1,29	1,53	1,55
– углеводороды (без ЛОС)	0,02	0,03	0,02	0,02	0,16	0,16
Летучие органические соединения	0,4	0,33	0,59	0,72	0,62	0,64
Прочие газообразные	Н/д	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03

Наблюдения за качеством воздуха в приземном слое на территории города проводятся на двух стационарных постах. Один из них расположен вблизи промышленных предприятий, второй находится рядом с автомагистралью.

Существующая тенденция сокращения объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников по сравнению с предыдущими годами обусловлена снижением расхода природного газа и мазута на котельных промышленных предприятий, уменьшением выпуска продукции, простоями предприятий.

В Вологде на долю автотранспорта приходится более 70% всей массы загрязняющих веществ атмосферного воздуха. Объем выбросов за 2003 г. составил более 30 тыс. т, что в 5,4 раза больше, чем от стационарных источников. На основных автомагистралях загрязнение воздуха по пыли, оксиду углерода, диоксиду азота, формальдегиду зачастую превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) по каждому ингредиенту в 1,5 – 3 раза [68]. В связи с ежегодным увеличением количества автотранспорта его доля в общем загрязнении атмосферы города растет (табл. 2.2).

**Таблица 2.2. Структура выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от автотранспорта**

Загрязняющее вещество	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Всего, тыс. тонн	25,98	27,52	29,55	30,47
Оксид углерода	20,76	20,85	22,49	23,80
Оксиды азота	2,269	2,761	2,908	2,780
Диоксид серы	0,219	0,223	0,223	0,215
Углеводороды	2,688	3,656	3,898	3,650
Сажа	0,043	0,026	0,028	0,024

Службой Госсанэпиднадзора проводятся исследования качества атмосферного воздуха, направленные на выявление концентраций основных загрязняющих веществ. Почти из 32 000 исследованных за последние пять лет проб воздуха неудовлетворительными оказались 603, что составило 1,9% [27].

Пылевому загрязнению подвержена вся территория города. В среднем на 1 км<sup>2</sup> его территории из атмосферы выпадает до 30 – 60 т/год пыли. Кроме твердых частиц атмосфера загрязнена также такими опасными соединениями, как бенз(а)пирен (4,5 ПДК); оксиды азота, этилацетат, стирол, фенол и формальдегид (1–2 ПДК).

Уровень загрязнения воздуха в городе оценивается как повышенный, что определяется концентрациями бенз(а)пирена и формальдегида.

### *2.1.2. Загрязнение водных объектов*

В черте города протекают реки: Вологда, Содема (Золотуха), Шограш, Тошня, Пудежка, Шолда, Шеренга, Евковка, Дулевка, Головинка.

Все они подвергаются загрязнению неочищенными или недостаточно очищенными сточными водами предприятий, ферм, населенных пунктов. Ежегодно при проверке причин загрязнения воды в реках устанавливаются факты сбросов в них канализационных и хозяйственно-бытовых стоков. Город не имеет законченной системы ливневой канализации, рассредоточенный поверхностный сток поступает непосредственно в реки. Смыв взвешенных и растворенных веществ с городской территории, особенно с прибрежных участков, во многом усиливает загрязнение водных объектов. Загрязненность поверхностного стока обусловлена смывом твердых частиц, аэрозолей, продуктов выхлопов автомобильных двигателей. Способствуют загрязнению водных объектов и утечки загрязненных вод из систем канализации, находящихся в неудовлетворительном состоянии. Определенную долю в загрязнении водных объектов составляют воды, образующиеся при таянии весной снега, вывезенного при зимней уборке городских улиц [95].

Водоотведение производственных и ливневых сточных вод в черте города в 2003 г. составило 52,17 млн. м<sup>3</sup>. В 2003 г. 58 предприятий, состоящих на государственном учете по

использованию воды, сбросили 51,71 млн. м<sup>3</sup> (с 28 выпусков – без очистки, с 17 выпусков – недостаточно очищенных), не состоящие – сбросили 0,456 млн. м<sup>3</sup>. Водоотведение в основном осуществляется с недостаточной очисткой и с концентрациями загрязняющих веществ, превышающими предельно допустимые концентрации в единицы и десятки раз. Такими загрязнителями воды в реках являются БПК полное, взвешенные вещества, нефтепродукты, аммоний солевой, фосфаты, железо и другие.

Объем сброса городских сточных вод МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал» за 2003 г. составил около 47 млн. м<sup>3</sup>. Общегородские очистные сооружения совместно перерабатывают хозяйственно-бытовые и промышленные стоки, однако эффективность их очистки низка, т. к. ряд предприятий передает неочищенные сточные воды. Состав сточных вод показан в таблице 2.3.

**Таблица 2.3. Динамика изменения качества сточных вод, сбрасываемых МУП «Вологдагорводоканал» с очистных сооружений канализации**

Наименование показателя	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Объем сброса сточных вод, млн. м <sup>3</sup>	43,125	42,08	37,89	42,089
Содержание загрязняющих веществ, т				
БПК полное	712,8	598,7	553,9	509,5
Нефтепродукты	8,5	7,3	6,1	3,8
Взвешенные вещества	465,8	414,2	441	375,9
Азот аммонийный	335,8	416,9	335,1	285,7
Азот нитритный/нитриты	51,6	33,0	21,1	71,2
Азот нитратный/нитраты	216,8	186,6	227,3	1111,8
Хлориды	3099,5	2909,2	3189,1	3045,2
Сульфаты	5360,9	5229,7	4272,2	4350,5
Фосфаты	118,2	105,9	111,79	81,34
Железо	7,5	6,4	3,15	3,4
СПАВ	5,4	4,6	0,92	3,7
Алюминий	0,2	14,5	5,07	0,3
Фенолы	0,77	0,7	0,5	0,6
Хром <sup>+6</sup>	0,2	0,2	0,06	0,06
Хром <sup>+3</sup>	0,04	0,3	0,0	0,0
Цинк	0,9	0,5	0,5	0,2
Медь	0,3	0,5	0,31	0,05
Никель	4,7	3,8	0,92	0,6
Цианиды	0,02	0,03	0,0	0,0
Кадмий	0,1	0,09	0,02	0,002
Марганец	2,6	3,1	0	0,4
Формальдегид	1,3	1,1	0	3,8

Общегородские канализационные очистные сооружения работают с перегрузкой. При мощности 150 000 м<sup>3</sup>/сутки количество поступающих на них стоков достигает 200 000 м<sup>3</sup>/сутки. Не производится обеззараживание и обезвоживание осадка, его утилизация ограничена, вследствие чего на низких отметках накопилось более 1 млн. т осадка, который в паводки частично смывается в р. Вологду. Кроме муниципального предприятия «Вологдагороводоканал» в черте города находится более 70 выпусков ливневых и промышленных стоков в рр. Вологду, Содему и Шограш. Только на двадцати предприятиях имеются локальные очистные сооружения сточных вод, из которых в проектном режиме работает менее десяти.

Всего в бассейн р. Вологды сбрасываются сточные воды с различной степенью очистки более чем из 120 зарегистрированных выпусков. Объем сбросов вод в бассейне составляет 60 млн. м<sup>3</sup>/год, из них в пределах границ – 40 млн. м<sup>3</sup>/год. Объем сбросов загрязняющих веществ составляет, соответственно, свыше 20 и 17 тыс. т/год.

Согласно осредненным данным анализов, степень загрязнения воды р. Вологды в створах водозаборов характеризуется как умеренно загрязненная (по содержанию БПК<sub>5</sub>, фенолам); ниже г. Вологды – от умеренно загрязненной и загрязненной (по азоту аммонийному и нитритному, фосфору общему и минеральному, БПК<sub>5</sub> и фенолам) до загрязненной и высокой по бактериологическому загрязнению.

По данным лабораторного контроля за 2003 г., 43% исследованных проб не отвечают требованиям по микробиологическим показателям, в 18% – обнаружены гельминты, в 64% проб вода не отвечает требованиям по химическим показателям (железо, фенолы, ХПК).

Характеристика качества поверхностных вод бассейна р. Вологды показывает, что ни в одном из створов в черте города и его окрестностях степень их загрязненности нельзя оценить как допустимую.



### *2.1.3. Состояние донных отложений р. Вологды, почв и грунтов*

Донные отложения р. Вологды на участке от 30 км до устья загрязнены тяжелыми металлами (Hg, Cd, Pb, Zn, Ni) и нефтепродуктами, особенно на участке от 27 до 18 км и ниже. Концентрация указанных ингредиентов в ряде случаев превышает фоновые значения в несколько раз. Общая площадь загрязнения данного участка равна 2100 тыс. м<sup>2</sup>, а объем загрязненного грунта составляет более 2 млн. м<sup>3</sup> [101]. С учетом того что р. Вологда обладает недостаточной естественной способностью самоочищения, основная масса опасных ингредиентов выносится течением в бассейн р. Сухоны.

В связи с изложенным стратегия коренного улучшения качества воды бассейна р. Вологды должна основываться на мерах по снижению и прекращению сброса неочищенных сточных вод. Первым шагом может стать разработка проекта нормативов предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в бассейне с дальнейшим осуществлением плана мероприятий по достижению норм ПДС всеми водопользователями.

Сравнительная оценка условий водной миграции загрязнителей, характеристик почвенного покрова (рН, содержание гумуса, Са и т.д.), механического состава почвогрунтов, ландшафтной структуры территории свидетельствует о появлении на территории города антропогенного по происхождению геохимического барьера, способствующего аккумуляции и закреплению в почве тяжелых металлов. Фактически на всей территории днища Присухонской низины в пределах города действует щелочно-нейтральный и нейтрально-щелочной геохимические барьеры, которые устраняют условия для миграции Pb, Zn, Cd, Cu и резко сокращают подвижность Cr, Co, Ni, V, Mn и других металлов.

Самое широкое поле аккумуляции имеют свинец, цинк и кадмий, меньший ареал свойственен хрому и никелю. Кобальт, бор, марганец, мышьяк, ртуть могут накапливаться в пределах города небольшими массивами, главным образом возле источников поступления указанных металлов в городскую среду.

Анализ содержания тяжелых металлов в почвенном профиле, особенно возле автодорог (табл. 2.4), указывает на фактическую задержку основной их массы в верхнем 10–15-сантиметровом слое почвы, что свидетельствует об утрате способности городских почв к самоочищению, а экосистем города – к восстановлению экологического равновесия и естественной санации среды [68].

**Таблица 2.4. Изменение концентрации тяжелых металлов (ТМ, мг/кг) в придорожной полосе почвы на Окружном шоссе в районе ПЗ-23 (кислотно-растворимые формы соединений)**

Наименование	Расстояние от шоссе, м				
	5	10	15	20	25
ТМ					
Pb	29,0	20,0	13,0	12,0	9,0
Zn	36,0	28,2	20,5	17,8	13,8
Cu	13,0	10,0	7,5	6,5	6,0

При том, что тенденция накопления тяжелых металлов в почвенном слое будет продолжаться, может возникнуть такая ситуация, когда его придется менять на особо загрязненных участках города.

По данным Вологодского территориального центра Госсанэпиднадзора, уровень загрязнения почв города металлами создает высокую и среднюю степень экологического неблагополучия для здоровья человека.

Неблагоприятная обстановка усугубляется неудовлетворительным состоянием зеленых насаждений и газонов.

В результате техногенного воздействия почвенный слой территории города почти повсеместно загрязнен Cu, Co, Zn, Pb и другими тяжелыми металлами, исследования говорят также о высоком бактериологическом загрязнении.

#### *2.1.4. Отходы производства и потребления*

Среднегодовая норма накопления отходов жизнедеятельности населения Вологды составляет порядка 400 тыс. м<sup>3</sup> в год. Утилизация твердых бытовых отходов промышленными методами на территории областного центра не производится. Свалка бытовых отходов расположена в пределах городской черты, в северо-восточной части города. Действующая с 1955 г. без проектного обоснования свалка, с годами оказалась вблизи жилой застройки, что противоречит существующим требованиям.

В 2003 г. на городскую свалку поступило 708,4 тыс. м<sup>3</sup> твердых бытовых отходов и нетоксичных промышленных отходов.

В основном проблема утилизации твердых бытовых отходов в г. Вологде будет решена после ввода в эксплуатацию 1-й очереди строящегося в урочище «Пасынково» полигона ТБО. В 2003 – 2004 гг. строительство полигона было продолжено.

На предприятиях города, согласно данным статотчетности по форме 2-ТП (отходы), в 2003 г. образовалось 142,5 тыс. т отходов производства и потребления. Из них на городской свалке захоронено 16,6 тыс. т отходов 4 и 5 классов опасности. Использовано, обезврежено и передано на переработку 162,8 тыс. т отходов, 4,9 тыс. т – размещено на территориях предприятий. По состоянию на 01.01.04 г. на предприятиях города на хранении находилось 7,2 тыс. т отходов, в том числе отходы 1–3 классов токсичности. В 1994 г. Вологодским областным комитетом ООСПР прекращена выдача лицензий на размещение этой группы отходов на городской свалке. На большинстве предприятий площадки для размещения отходов не отвечают современным экологическим требованиям.

К числу наиболее крупных загрязнителей окружающей среды твердыми промышленными отходами относятся Вологодская ТЭЦ, ЗАО «ВПЗ», МУП ЖКХ «Вологдагорводоканал».

Предприятия города принимают определенные организационные и технические меры по уменьшению образования отходов и их утилизации.

В 2003 г. на ЗАО «ВПЗ» введена в эксплуатацию первая очередь цеха по переработке промотходов (участок обезвоживания нефтешламов и регенерации масел). Ведется строительство второй очереди – участка сжигания отходов, проект установки по сжиганию отходов выполнен и находится на согласовании в Центре Госсанэпиднадзора.

Продолжаются работы по рекультивации несанкционированной свалки на территории ЗАО «ВПЗ».

На иловые площадки и в цех мехобезвоживания (ЦМО) городских очистных сооружений канализации МУП ЖКХ «Вологдагороводоканал» поступило в 2003 г. 484,9 тыс. т смеси сырого осадка и уплотненного ила. Обезвоженный осадок с очистных сооружений канализации (ОСК) в количестве 26,678 тыс. т после иловых карт использован для приготовления компоста в смеси с торфом на площадке временного хранения. 26,289 тыс. т обезвоженного осадка в составе компоста передано для использования сельхозпредприятиям в качестве удобрения, а также использовано на благоустройство газонов. В ЦМО в течение 2003 г. образовалось 18,3 тыс. т обезвоженного осадка (кека), который был вывезен для использования в качестве изоляционного материала на городскую свалку. Однако все это не позволило существенно улучшить экологическую обстановку города и его окрестностей.

Проблема загрязнения окружающей среды твердыми бытовыми отходами усугубляется наличием и постоянным возникновением на территории города новых несанкционированных свалок. В ходе проведенных в течение 2003 г. проверок было выявлено более 50 несанкционированных свалок, в большинстве своем расположенных на землях городского резерва, в том числе вблизи территорий гаражно-строительных кооперативов и садово-огородных товариществ.

В 2003 г. решением Вологодской городской Думы утверждена разработанная с участием авторов Программа по обращению с отходами на территории города Вологды на 2004 – 2010 гг., реализация которой направлена на уменьшение загрязнения окружающей среды бытовыми и промышленными отходами.

## 2.2. Условия водоснабжения города

В г. Вологде исторически образовалась сложная система водопользования, которую следует рассматривать в качестве составной части единого, практически стихийно сложившегося водохозяйственного комплекса, включающего оз. Кубенское, р. Вологду с водохранилищем, р. Тошню, подземные воды [75].

Водопользователи этого комплекса – судоходство, рыболовство, речной транспорт, водоснабжение и предприятия, сбрасывающие сточные воды, имеют зачастую противоречивые интересы.

На учете в отделе природопользования и охраны окружающей среды администрации города находится 103 предприятия-водопользователя. Количество предприятий, стоящих на государственном учете по водопользованию, – 58 [106]. В таблице 2.5 представлены данные о водопользователях и водозаборе из водных объектов за период 2000 – 2003 гг.

**Таблица 2.5. Количество водопользователей и показатели забора воды на территории г. Вологды**

Наименование показателей	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Количество водопользователей, состоящих на госучете	41	41	55	58
Количество водопользователей, не состоящих на госучете, но отчитывающихся по форме №2-ТП «Водхоз»	94	101	47	45
Общее количество водопользователей	135	142	102	103
Забор воды отчитывающимися водопользователями из водных объектов, всего, млн. м <sup>3</sup>	55,36	59,07	57,71	60,2
в т. ч. из подземных вод	2,97	2,71	2,74	2,77

Для централизованного водоснабжения г. Вологды из поверхностных источников действуют два водозаборных

комплекса: на р. Вологде (д. Михальцево) – проектной производительностью 90 000 м<sup>3</sup>/сутки и на оз. Кубенское (д. Окишево – Сумароково) – 233 000 м<sup>3</sup>/сутки. Система централизованного водоснабжения города также включает два подземных водозабора: №1 – производительностью 1 200 м<sup>3</sup>/сутки и №2 – 300 м<sup>3</sup>/сутки.

Для улучшения водоснабжения города в 1994 г. на городских водоочистных сооружениях питьевой воды введены в эксплуатацию дополнительные мощности в объеме 30 000 м<sup>3</sup>/сутки. Выполнены дноуглубительные работы на канале к насосной станции на Кубенском озере, построена зональная насосная станция в районе ЗАО «ВПЗ» мощностью 10 000 м<sup>3</sup>/сутки. Однако принимаемые меры не решают проблемы обеспечения города качественной питьевой водой [101].

Водохозяйственные балансы показывают, что при современном объеме водопотребления в годы малой водности, в отдельные месяцы летне-осенне-зимнего периода, наблюдается дефицит стока, который покрывается за счет санитарных расходов, которые должны оставаться в реке. Дефицит стока у д. Михальцево частично ликвидируется русловой емкостью водохранилища и переброской дополнительного стока из оз. Кубенского. С учетом перспектив водопотребления дефицит будет наблюдаться в отдельные месяцы уже среднего по водности года, и в течение всего летне-осенне-зимнего периода очень маловодного года.

Обеспечение населения питьевой водой гарантированного качества и в необходимых объемах остается одной из приоритетных проблем областного центра.

По состоянию на 2004 г. водоснабжение города осуществляется в основном из р. Вологды и, в период летней и зимней межени, – из оз. Кубенского. Вода р. Тошни используется для горячего водоснабжения микрорайонов подшипникового завода, Завокзального, а также пос. Лоста.

Перспективное водоснабжение г. Вологды должно ориентироваться на использование поверхностных источников (рек Вологды, Тошни и оз. Кубенского) с проведением мероприятий по сезонному регулированию стока данных рек, снижению сбросов в них загрязняющих веществ и реконструкции водозаборных сооружений на оз. Кубенском (перенесение водозабора в истоковую часть р. Сухоны с обеспеченными необходимыми глубинами).

По данным отчетов МУП «Горводоканал», водозабор для водоснабжения города, не считая других водопотребителей, превышает 50 млн. м<sup>3</sup>/год, что при населении 300 000 человек составляет более 450 л/сутки на каждого вологжанина. Это очень высокий уровень, превышающий среднеевропейские показатели в 1,5–2 раза.

Вода из крана используется как для питья и приготовления пищи, так и для полива газонов и мойки улиц. Собственно для питьевых нужд и приготовления пищи одному человеку нужно никак не более 10 л в сутки. Следовательно, возможно создание сети водозаправочных станций по снабжению населения высококачественной питьевой водой путем подвоза автоцистернами с последующей подачей в дома по специальным облегченным трубопроводам, и необязательно в каждую квартиру, а на какое-то водораспределительное устройство, где можно разливать эту воду для потребителей. Для девятиэтажного дома с населением около 600 человек суточное потребление питьевой воды не превысит 6 м<sup>3</sup>.

### **2.3. Характеристика зеленой зоны**

Зеленые насаждения выполняют важную санитарно-гигиеническую функцию – очищение атмосферного воздуха от вредных газов и пыли. Один гектар леса за вегетационный период может поглощать около 20 т пыли и 500–700 кг диоксида серы. Одно дерево за вегетационный период обезвреживает соединения свинца, содержащегося

в 130 л бензина, и накапливает до 35–50 мг Pb на кг сухого веса (в экологически чистой зоне накопление свинца в древесине не превышает 3–5 мг/кг). Двухрядные посадки деревьев с покровными кустарниками вдоль автомагистралей обеспечивают снижение концентрации свинца на территории тротуара на 65%. Трехрядная посадка деревьев в этих условиях снижает концентрацию оксида серы в 5 раз, оксидов азота – в 8 раз [101].

Леса зеленой зоны г. Вологды занимают площадь 58 953 га, 5,3% которой приходится на лесопарковую часть и 94,7% – на лесохозяйственную. В лесопарковой части 38,9% лесов находится в ведении гослесхоза и 61,1% – межхозлеса. В лесохозяйственной части 10,4% лесов находится в ведении гослесхоза, а 89,6% – принадлежит отдельным хозяйствам.

Растительность лесопарковой части носит антропогенный характер. Естественные фитоценозы встречаются редко и не играют ведущей роли. Система озеленения представлена в основном посадками искусственного происхождения. Зеленый наряд города составляют насаждения общего пользования (парки, скверы, сады, бульвары), ограниченного пользования (насаждения жилой застройки, учебных заведений, детских дошкольных, культурно-просветительных и лечебных учреждений, спортивных сооружений, а также промышленных предприятий) и насаждения специального назначения (коллективных садов, кладбищ, санитарно-защитной и водоохранной зоны, складских и коммунальных объектов, берегоукрепительные насаждения вдоль р. Вологды).

Общая площадь всех зеленых массивов и насаждений в пределах городской черты составляет 681,5 га (40% к общей площади незастроенных земель), а площадь зеленых массивов общего пользования – 352,8 га (около 19%), то есть 12 м<sup>2</sup> на одного жителя города. Насаждения общего пользования распределены по планировочным районам



очень неравномерно. Большая их часть (216,4 га – 64%) приходится на Центральный район, меньшая – на Южный (93,4 га – 27,0%) и Заречный (27,7 га – 8,4%; табл. 2.6).

**Таблица 2.6. Баланс состояния озелененных территорий  
селитебной зоны города [68]**

Наименование	Общая площадь городских территорий (га)	Удельный вес озелененных территорий (%)	Площадь озелененных территорий (га)	Обеспеченность насаждениями (м <sup>2</sup> /чел)
Жилые кварталы и микрорайоны	848,5	28,7	248,6	8,0
Обособленные участки общественной застройки (больницы, учебные заведения, стадионы, общественные центры)	90,0	46,0	41,3	1,4
Улицы и площади	390,0	31,0	122,0	4,0
Зеленые насаждения общего пользования (парки, сады, скверы, бульвары)	346,5	100,0	346,5	12,0
Итого селитебных территорий	1675,0	44,9	753,4	
Прочие территории (промышленные и коммунальные предприятия и склады)	129,0	14,7	19,0	0,9
Итого: селитебная зона	1 804,0	42,8	772,4	

Жилые микрорайоны города, особенно новые, озеленены крайне недостаточно, что объясняется большой диспропорцией в формировании структуры насаждений общего пользования, а также организацией зеленых посадок без учета экологической обстановки района.

Основной фон зеленых насаждений общего пользования традиционно составляют 4 доминирующие породы: береза, тополь, липа и вяз, хотя в целом в озеленении парков, скверов, бульваров, улиц используется более 60 видов деревьев и кустарников. Очень слабо в озеленении города применяются хвойные породы, хотя они декоративны, придают своеобразие композиционным решениям и имеют большое санитарно-гигиеническое значение.

Система озеленения города представлена в основном уличным озеленением в совокупности с небольшими скверами, бульварами, парками. Парков в городе мало. Лишь два из них (парк Мира и парк Ветеранов) могут обеспечить

полноценный отдых, они расположены близко к центру остальные – далеко, да и находятся в стадии разработки. Большинство скверов невелики по площади – менее 0,5 га, что не соответствует норме. Мало и бульваров.

Цветочное оформление города тоже явно недостаточно: доля цветников составляет лишь несколько процентов площади насаждений общего пользования. Цветочное оформление используется только в центральных парках и скверах и перед административными зданиями.

Приживаемость и сохранность деревьев и кустарников, посаженных при сдаче новых объектов, очень низка – не превышает 40–60%, что не оправдывает капиталовложений в «зеленое» строительство города. Положение усложняется тем, что посадки ведутся без учета состава почвы, уровня грунтовых вод, восприимчивости растений к различного вида техногенным воздействиям. Неудовлетворительным является в городе и состояние газонов на объектах общего пользования: 70% из них требуют восстановления, особенно в районах новостроек. Плохо ведется уход за линейными посадками, расположенными вдоль транспортных магистралей: повсеместно осуществляются выбросы на придорожную полосу грязи, которая скапливается на дорогах за зиму. В результате этого растения быстро стареют и не выполняют защитных функций [68].

В целом же продолжительность жизни деревьев в городской черте в результате антропогенной и техногенной нагрузки в 2–3 раза меньше, а фотосинтез в 10 раз меньше, чем в экологически чистых естественных массивах. Наиболее чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха оксидами серы, азота, фтористым водородом лишайники, в лесопарковой зоне города насчитывается 36 их видов, что составляет только около 23,4% общего количества видов лишайников, произрастающих в Вологодской области.

Проектом генерального плана развития Вологды (1995 г.) предусматривается формирование ее экологического каркаса, включающего строительство и оборудование парка Мира, парков вдоль р. Шограш, по ручью Евковка (50 га) и водоохранной зоны р. Содемы (55 га), а также набережных, скверов, парков центра и жилых районов.

В проекте уделено внимание не только озеленению объектов общего пользования, но и формированию санитарно-защитных зон между жилыми и промышленными районами, которые должны быть озеленены не менее чем на 60%, а также зеленым насаждениям жилых кварталов и микрорайонов. Весьма значительные территории, предусмотренные для формирования градоэкологического каркаса, включают в себя систему городских парков, садов и озелененных набережных в составе рекреационных зон (зеленых насаждений общего пользования) в границах селитебной территории, общей площадью в 560 га, и организацию системы ресурсов и средоохранных зон (табл. 2.7).

**Таблица 2.7. Использование городских территорий для зеленых насаждений общего пользования**

Существующее положение			Проектные предложения на 2005 г.		
га	% к городской территории	м <sup>2</sup> /на жителя	га	% к городской территории	м <sup>2</sup> /на жителя
352,8	19	12	560	30,2	19,5

По другим источникам, общая площадь зеленых насаждений г. Вологды может быть увеличена до 933,3 га за счет строительства 70 новых зеленых объектов.

Лесохозяйственная часть зеленой зоны выполняет главные санитарно-гигиенические функции, и организация лесопользования в ней должна осуществляться только путем рубок ухода, санитарных рубок и вырубок древостоев, теряющих свои функции. Обследование состояния лесов

лесохозяйственной части зеленой зоны города показало, что их экологическое состояние не соответствует предъявляемым рекреационным требованиям. Леса пройдены бессистемными вырубками, захламлены, труднопроходимы и эстетически неприглядны. Продолжается вырубка лесов, не достигших возраста спелости.

#### **2.4. Состояние окружающей природной среды и здоровье населения**

Здоровье населения как интегральный показатель благополучия определяется результатом взаимодействия генетических, социальных и экологических факторов. Так, по данным Всемирной организации здравоохранения, состояние окружающей природной среды обуславливает значительную долю заболеваний людей.

При очевидной связи здоровья человека с состоянием окружающей природной среды определение степени влияния экологических факторов на его качество затрудняется тем, что сложно как оценить общее состояние здоровья человека, так и определить ту часть ущерба, которая обусловлена негативным влиянием среды. Подтверждением этого служит факт более низкого по ряду показателей уровня здоровья людей, проживающих в сельских местностях Вологодской области, по сравнению с жителями урбанизированных территорий, отличающихся более высокими показателями уровня качества жизни.

Экологическое отравление организма человека отличается особым коварством, так как в кровь попадает не одно, а несколько токсичных веществ, которые, взаимодействуя между собой и организмом, образуют новые, неизученные токсические продукты. При этом у человека нарушаются в первую очередь иммунная и лимфатическая системы.

Экологическое отравление во многом аналогично СПИДу: сначала происходит скрытое развитие заболевания, а явные симптомы появляются в стадии разрушения

организма. Эндоэкологическая болезнь, как и СПИД, способствует развитию таких заболеваний, как атеросклероз, стенокардия, пневмония, тромбофлебит, рак. Поэтому, несмотря на достижения медицины, указанные заболевания теперь излечиваются значительно труднее.

Ухудшение экологической обстановки в России стимулирует увеличение детской смертности и сокращение продолжительности жизни людей, рост смертности в результате раковых заболеваний. Создается опасность для здоровья и воспроизводства будущих поколений: сегодня хронически болен почти каждый четвертый взрослый и каждый шестой ребенок.

Низкие уровни экологизации производства, качества питьевой воды, повсеместное загрязнение атмосферного воздуха, почвы, открытых водоемов – все это прямо или косвенно сказывается на здоровье населения г. Вологды.

В целом для города характерна устойчивая тенденция сокращения численности населения за счет превышения смертности над рождаемостью, хотя за период с 1999 по 2003 г. коэффициент рождаемости (на 1000 человек населения) увеличился в 1,4 раза, а коэффициент смертности вырос в 1,3 раза (табл. 2.8).

**Таблица 2.8. Основные демографические показатели**

Показатель	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.
Коэффициент смертности на 1000 населения за 1999 – 2003 гг.	12,9	13,2	14,6	14,9	16,5
Коэффициент рождаемости на 1000 населения за 1999 – 2003 гг.	7,9	9	9,5	10,3	10,8
Коэффициент младенческой смертности за 1999 – 2003 гг.	16,6	14,6	12	12,4	11,8

При анализе заболеваемости в областном центре выявлено, что первое место по частоте занимают заболевания органов дыхания, второе – травмы и отравления, третье – заболевания костно-мышечной системы, болезни кожи и подкожной клетчатки.

У взрослого населения отмечается рост заболеваемости в следующих классах: заболевания органов дыхания, новообразования, болезни эндокринной системы, болезни

крови и кроветворных органов, болезни нервной системы и органов чувств, болезни системы кровообращения, болезни мочеполовой системы, осложнения беременности, родов и послеродового периода, болезни кожи и подкожной клетчатки, болезни костно-мышечной системы, врожденные аномалии, психические расстройства.

Растет также общая заболеваемость детей, являющихся наиболее чувствительной группой населения. Первое место занимают заболевания органов дыхания, на втором месте – травмы и отравления, на третьем – инфекционная заболеваемость. Имеется тенденция к росту заболеваний эндокринной системы.

В условиях сложившейся экологической обстановки усиливается интерес медицинской науки и практики к врожденным порокам развития, частота которых в последнее десятилетие существенно увеличилась. Заметно возросла их роль и в заболеваемости, инвалидизации, а также в структуре младенческой смертности. В процессе школьного обучения нарастает заболеваемость детей по классам патологий органов дыхания, пищеварения, опорно-двигательного аппарата (сколиоз, нарушение осанки), эндокринной и иммунной систем, органов слуха и зрения.

Продолжает возрастать заболеваемость населения г. Вологды злокачественными новообразованиями, причем эта тенденция наблюдается как у взрослого, так и у детского населения. В структуре заболеваемости первые места занимают рак трахеи, бронхов легкого, рак пищевода, рак прямой кишки, молочной железы, меланома кожи [66].

Что же касается заболеваемости с временной утратой трудоспособности, то здесь наметилась тенденция к снижению, но основную роль при этом играют социально-экономические факторы – нарастающая напряженность на рынке труда сдерживает обращаемость за медицинской помощью в связи с заболеваниями, в результате чего они не регистрируются или становятся более тяжелыми.

Из всего вышесказанного очевидно, что наиболее острыми проблемами жизнедеятельности населения г. Вологды являются: продолжающиеся падение рождаемости, рост смертности, в том числе младенческой, рост онкологических заболеваний как среди детского, так и взрослого населения, ухудшение состояния детской заболеваемости, нарастание хронической патологии в школьный период.

## **2.5. Организация деятельности по обеспечению экологической безопасности населения**

Для решения экономических вопросов экологической безопасности населения на основе рационального природопользования в г. Вологде функционируют отдел природных ресурсов администрации города, уполномоченные (комитеты, центры, комиссии) федеральных органов: Министерства охраны природной среды и природных ресурсов, Госкомэпиднадзора, ГКЧС, Роскомзема, Гидрометеоцентра, Управления лесами и др., а также экологические службы предприятий.

Система регулирования природопользования в областном центре определена Законом РФ «Об охране окружающей среды», она включает следующие основные положения:

- ⇒ разрешения на выбросы;
- ⇒ договоры и лицензии на комплексное природопользование, в которых устанавливаются допустимые объемы выбросов, планы природоохранных мероприятий, нормативы и порядок расчета и внесения платежей за загрязнение окружающей среды;
- ⇒ платежи за загрязнение;
- ⇒ система налоговых льгот.

Основной инструмент – платежи за загрязнение в экологические фонды, которые осуществляются по двум ставкам. По одной ставке оплачиваются нормативные выбросы, а по другой, повышенной, предприятие платит за их превышение.

Для определения конкретных размеров платежей за выбросы базовые ставки умножаются на поправочные коэффициенты. Постановлением администрации Вологодской области №16 от 10.01.94 г. по городу Вологде, с учетом экологического состояния, введены следующие коэффициенты увеличения базовых ставок за выбросы: в атмосферу – 1,68, в водоемы – 2,32. Городской комитет охраны природы устанавливает для каждого предприятия допустимый уровень выбросов.

Однако применение этого инструментария часто осложняется отсутствием системы мониторинга. Для оценки качественно-количественной характеристики выбросов в большинстве случаев пока используются формы статистической отчетности и балансы отходов. К сожалению, эти документы заполняются расчетным путем. Большинство содержащейся в них информации остается на совести предприятий-загрязнителей. Отсутствие адекватной технической базы и нехватка кадров не позволяют природоохранным органам наладить постоянный мониторинг.

10% всех собранных платежей за загрязнение поступают в федеральный бюджет, оставшиеся средства распределяются следующим образом: 10% – в федеральный экологический фонд, 30% – в областной и 60% – в городской.

Получила распространение с 1993 г. и практика зачета осуществленных предприятием природоохранных инвестиций в счет уплаты платежей. Так, в 1994 – 1995 гг. по г. Вологде такие зачеты составили 1938 млн. руб. в связи с проводившимися природоохранными мероприятиями на подшипниковом, вагоноремонтном, станкостроительном заводах, ТЭЦ, в локомотивном и вагонном депо; на предприятиях стройиндустрии, в автотранспортных организациях, коммунальном хозяйстве.

Средства, поступившие в экологический фонд города, использованы на научно-исследовательские работы, перевод паровых и водогрейных котлов ТЭЦ на газовое



топливо, реконструкцию очистных сооружений гальваносток на станкозаводе и электромеханическом заводе, инвентаризацию инженерных сетей города, перевод на газ котельной на ул. Медуницинской, благоустройство и озеленение территории города и др.

Определенные функции в решении комплексных природоохранных задач имеет отдел природных ресурсов, который образован в структуре администрации г. Вологды в 1993 г. и находится в подчинении заместителя главы администрации. В структуру отдела входят сектор первичных (природных) ресурсов и сектор вторичных ресурсов (отходов), которые осуществляют взаимодействие непосредственно с природопотребителями города. Отдел природных ресурсов, задачи, права, полномочия которого определены положением, ведет учет, оценку природных ресурсов, отходов производства и потребления, создает на перспективу нормативно-правовую базу природопользования. Но он не является юридическим лицом и не имеет права на заключение договоров с предприятиями о комплексном природопользовании.

Для повышения координации и кооперации деятельности муниципальных служб города, представительств федеральных органов и других организаций в области рационального природопользования постановлением главы администрации в 1995 г. был создан Межведомственный совет по экологической безопасности и охране окружающей среды г. Вологды.

Но этих мер недостаточно. В административных структурах многих городов России образованы управления охраны окружающей среды и природных ресурсов, которым предоставлены полномочия в сфере заключения договоров о комплексном природопользовании и формирования экологического бюджета (Тольятти, Жуковский, Череповец и др.). Актуальным для Вологды с учетом ее статуса, накопленного опыта управления природополь-

зованием и особенностей экологической ситуации является создание управления охраны окружающей природной среды и природных ресурсов с правами юридического лица. При этом важно провести более четкое разграничение полномочий исполнительных и законодательных местных органов и контролирурующих служб федерального уровня.

Передача с 01. 01. 2005 г. функций администратора платежей за негативное воздействие на окружающую среду Ростехнадзору, не имеющему своих подразделений в муниципальных образованиях, значительно осложнила работу по учету плательщиков, согласованию результатов расчетов платежей природопользователями, получению ими разрешений на сбросы загрязняющих веществ. В Вологодской области, например, это привело к снижению поступлений платежей в первом квартале 2005 г. по сравнению с прогнозом на 13%, уменьшению количества плательщиков.

## **ГЛАВА 3**

### **ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГИС г. ВОЛОГДЫ**

#### **3.1. Принципы разработки и структура базы данных**

Обеспечение экологической безопасности промышленных городов России в каждом регионе характеризуется своей спецификой, обусловленной территориальными, социальными, природными и экономическими факторами. Для успешного решения проблем экологического характера на местах необходимо определить те или иные приоритеты, и в этих целях должны предусматриваться следующие основные направления работы:

- оценка современного экологического состояния территории;
- оценка интенсивности антропогенно-техногенной нагрузки на природно-территориальные и природно-хозяйственные комплексы данной территории;
- оценка ответной реакции биоты и человека на внешнее воздействие (последнее связано не только со здоровьем населения);
- организация контроля за динамикой состояния окружающей среды города и его окрестностей (мониторинг);
- разработка рекомендаций для системы управления и планирования мероприятий, выработки комплекса мер по оптимизации окружающей среды по всем элементам.

Успешное решение общей проблемы зависит от ее информационного обеспечения, в качестве которого авторы предлагают создание базы данных геоинформационной системы (БД ГИС) экологии г. Вологды. Предложенная концепция позволяет поэтапно подходить к решению перечисленных комплексов задач обеспечения экологической безопасности населения. Создание региональной геоинформационной системы связано с организацией структуры БД ГИС, разработкой функциональной схемы ГИС для решения поставленных задач и подбором комплекса базовых информационных документов в БД ГИС из различных пакетов ведомственной и региональной информации.

На первом этапе была разработана концепция формирования БД ГИС и функциональная схема [16, 17, 18], что позволило в соответствии с принятыми положениями (по блокам) укомплектовывать информацию, оцифровывать картографические материалы, создавать синтетические карты, формировать блоки атрибутивной информации [17, 18]. Геоинформационная система – это открытая система, она насыщается той информацией, которая минимально достаточна для реализации тех или иных программ и задач, и вместе с тем может пополняться, корректироваться в процессе работы.

Некоторые потенциальные возможности регионального комплексного географического анализа с использованием ГИС-технологий демонстрирует (см. гл. 4) пример создания карт природно-хозяйственного районирования территории с выявлением зон экологической напряженности. Прежде чем переходить к созданию таких карт, необходима определенная формализация географической и экологической информации в целях упрощения процесса анализа и синтеза исходных данных. Это достигается путем поэтапного исследования сложившейся природно-хозяйственной системы территории города.

Поиск и обоснование возможных мер по обеспечению экологической безопасности населения г. Вологды обуславливает необходимость решения следующих задач:

⇒ оценки современного экологического состояния территории г. Вологды и тех тенденций, которые характеризуют ее динамические составляющие;

⇒ выбора первоочередных направлений в этих исследованиях, которые позволили бы повлиять на развитие благоприятных и неблагоприятных процессов и тенденций, определяющих перспективную экологическую обстановку на данной территории;

⇒ разработки одного из приоритетных направлений, которое максимально отвечало бы региональным требованиям обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды.

Избранный путь позволит:

⇒ произвести «инвентаризацию» и анализ статичных и динамичных природных факторов, определяющих современную экологическую обстановку;

⇒ установить наиболее слабые звенья в цепи взаимодействия природных и антропогенных факторов на территории города и, таким образом, выявить наиболее экологически напряженные точки и зоны, а также вскрыть причины их формирования;

⇒ сформулировать концепцию обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды в будущем и определить приоритетность задач на ближайшие сроки;

⇒ выработать программу решения первостепенных задач.

Современные геоинформационные технологии позволяют решать проблемы такого рода как на локальном, так и на региональном уровнях. Для любого информационного обеспечения ГИС необходим комплекс исходных документов, которые в настоящее время в большинстве

регионов представляют собой массивы разрозненных и недостаточно систематизированных данных, часто трудно доступных для пользователя и, по сути, большей частью, не приносящих достаточной пользы при решении комплексных экологических задач. Поэтому в качестве первоочередной задачи нам представляется создание базы данных такой региональной геоинформационной системы, которая позволила бы проводить научно обоснованную инвентаризацию имеющихся данных и не только хранить поступающую информацию в установленной форме, но и в определенном алгоритме ее обрабатывать, синтезировать, анализировать, а также производить выработку соответствующих решений.

### **3.2. Блоковая структура базы данных ГИС**

В рамках выполнения поставленной задачи авторы предлагают блоковую структуру БД, отвечающую требованиям экологических программ уровня среднего города России с населением от 200 до 500 тыс. человек, имеющего собственную развитую индустрию, жилищно-коммунальный сектор, централизованную систему водопотребления и водоотведения и т.п.

Система блоков, которые должны содержать как базовую, так и оперативную информацию, позволяет принимать необходимые экологические решения в полном объеме и имеет следующую структуру:

*А. Базовая информация* – комплекс данных, характеризующих наименее динамичные параметры природоохранной обстановки.

I – Природный блок, II – Хозяйственный блок, III – Социальный блок, IV – Нормативный блок.

*Б. Блок «Обновление информации»*. Текущая информация – комплекс данных, поступающих от контрольных служб, ведомств, предприятий и характеризующих динамику природных и хозяйственных процессов.

*В. Блок «Обработка, анализ и синтез информации».* Предназначен для обработки и сепарации поступающей информации и приведения ее к стандартному виду, необходимому для принятия управленческих решений.

Основной принцип работы системы сводится к установлению порядка хранения базовой информации и ее обновления, предусматривающего обработку и анализ оперативных данных. Выявление комплексов природно-хозяйственных проблем и формирование необходимой потребителю выходной продукции обеспечивается в данной структуре ГИС на основе создания статичных (фоновых) и динамичных моделей с минимально необходимым, но достаточным набором показателей (параметров).

### *3.2.1. Базовая информация*

#### *Природный блок (I)*

Этот блок предназначен для накопления информации об экологической обстановке города, т.е. о факторах, определяющих устойчивость его природной среды к антропогенному воздействию; факторах, определяющих перенос и аккумуляцию техногенных продуктов, их распад, а также самоочищение природной среды. Как правило, природные характеристики имеют пространственно-временное выражение и находят свое отражение в серии специальных карт, временных рядов колебаний наиболее динамичных параметров, оцениваемых по уровню обеспеченности (вероятности их повторения с той или иной интенсивностью). Таким образом, природный блок включает в себя статичные (или мало динамичные) параметры, такие, как мезо- и микрорельеф, геолого-геоморфологические (литологические) характеристики, гидрографию, почвы, растительный покров. Последний характеризуется уже большей динамикой во времени, и для его характеристики с целью определения тенденций необходимы картографические временные «срезы». Так, для Подмосковья, его отдельных частей, такие палеогеографические

реконструкции охватывают десятки – сотни лет. С их помощью возможно определение как ближних, так и дальних тенденций.

Одними из наиболее динамичных параметров являются гидрологические характеристики: сток, его объемы, сезонные колебания и т.п., а также климатические и погодные элементы. И если климатические характеристики, полученные по многолетним наблюдениям (например, за осадками, температурой, ветром и т.п.), дают возможность оценить природный потенциал самоочищения территории в целом, его вероятные сдвиги в лучшую или худшую сторону, то погодные явления, их тип, частота повторяемости в течение года, сезона определяют потенциал самоочищения для конкретных малых территорий, объектов, зон (например, туманы, смог, грозы, снегопады, температурные инверсии и т.п.).

Для любой территории, характеризующейся определенной степенью самостоятельности, с развитым экономическим потенциалом, важным элементом учета (мониторинга) становится контроль за ресурсным потенциалом. К нему относятся: воды (поверхностные и подземные, чистые и загрязненные, предназначенные для питьевого и хозяйственно-бытового назначения), почвы, земли (сельскохозяйственные угодья, неудобья, земли с промышленной и жилой застройкой), их кадастровая характеристика, стоимость, форма владения и т.п.; лесные ресурсы, их лесотаксационная характеристика; минеральные ресурсы и т.п. Системы местного управления нуждаются при решении многих вопросов, хозяйственных, природоохранных и др., в наличии как опорной, так и оперативной (мониторинговой) информации, поэтому ресурсный блок является одним из основных в базе данных ГИС.

Последним элементом природного блока, отражающим процессы, которые существенным образом могут влиять на местную экологическую обстановку, служит



составляющая, отслеживающая влияние на данную территорию смежных регионов. Например, зарегулированность стока и загрязненность на региональных водных артериях и других крупных водных объектах, атмосферный перенос загрязнений из соседних индустриальных центров и т.п.

Характеристика вод, почв, растительности, приземного слоя воздуха должна сопровождаться их геохимическими параметрами (атмогеохимия, гидрохимия, биогеохимия), а также ландшафтно-геохимической оценкой территории. Как правило, эти показатели в латеральном виде представляют на ландшафтно-геохимической карте, а для отдельных природных сред (воды, воздуха, почв и др.) – в виде тематических карт либо схем. Наличие динамических моделей позволяет на ПЭВМ при временной насыщенности информацией прогнозировать и проследить развитие геохимических процессов во времени (например, моделирование переноса нефтепродуктов в водном потоке, распада органического вещества, миграции тяжелых металлов и т.п.).

В качестве интегральной характеристики системы антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения достаточно информативны в БД ГИС тематические карты либо карты современных экологических проблем, которые дают возможность устанавливать и отслеживать в мониторинговом режиме критические или экологически напряженные зоны, принимать соответствующие экологические решения. Подобные карты являются поликомпонентными, учитывают как природный, так и хозяйственный и социальный потенциал территории, поэтому строятся на информации, получаемой не только из природного, но и из других блоков, на основе различных существующих методик их оценки. В настоящее время действует первый нормативный документ [91, 92], регламентирующий необходимый объем изысканий для экологического обоснования хозяйственной и иной деятельности в проектной и предпроектной документации.

### *Хозяйственный блок (II)*

Хозяйственный блок должен содержать информацию о всех видах деятельности человека, непосредственно использующих ресурсный потенциал или влияющих на состояние природной среды города. Информация о хозяйстве, как и о природе, может быть базовой (медленно меняющейся) и динамичной, меняющейся за довольно короткие промежутки времени (сутки, недели, сезон, месяцы, годы).

К базовой можно отнести организационно-справочную информацию о сложившейся в городе системе управления природными ресурсами и административном делении и о действующей системе мониторинга. Информация может быть представлена на цифровой адресной карте с границами административного деления города и с размещением городских и муниципальных органов управления, а также постов наблюдения за состоянием атмосферы, водных объектов и почв.

Пространственная неоднородность природных условий и ресурсов, различная история и характер освоения территории обуславливают различия в пространственной структуре природопользования города. Основной информацией для характеристики территориальной структуры природопользования служат данные о дифференциации земельного фонда по землепользователям, землевладельцам и видам использования земель, о характере размещения земель различного хозяйственного назначения, о размещении потенциальных источников загрязнения. Информация дается в БД в виде статистических характеристик, в соответствии с принятыми формами учета государственной статистики, и на базовых картах – структуры земельного фонда и природопользования. На первой карте следует показать размещение землепользователей и землевладельцев и стоимостную оценку земель, включающую оценку их экологического состояния. На карте

природопользования должно быть показано размещение основных хозяйственных систем и их элементов: территорий с жилой застройкой, промышленных предприятий, промзон, ТЭЦ, хранилищ отходов, свалок, автопарков, гаражей, основных магистралей, ареалов сельскохозяйственных земель, в т. ч. фермерские земли и садово-дачные участки, зеленых насаждений, объектов историко-архитектурного и природного наследия, водных объектов, рекреационных зон. Желательно также показать структуру природопользования пригородной зоны, т.е. территории, которая испытывает значительное влияние города и в свою очередь оказывает влияние на его экологическое состояние.

Наиболее острые экологические проблемы города связаны с тремя основными видами хозяйственной деятельности. Это энергетика и промышленное производство, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство.

Ведущее место в производстве электроэнергии принадлежит тепловым электростанциям. Воздействие их на природную среду проявляется в загрязнении атмосферы, водных и земельных ресурсов. Уровень загрязнения территории города зависит от энергетической мощности станции, качества потребляемого топлива, типа энергетической установки, высоты дымовых труб, применяемой системы очистки, а также от местоположения станции. Ситуация усугубляется тем, что, наряду с крупными ТЭЦ, широко распространены мелкие котельные (относящиеся к жилищно-коммунальному сектору), которые сильно загрязняют атмосферу. Базовая информация должна включать параметры перечисленных характеристик тепловых станций, а также информацию об объемах и составе газовых выбросов, объемах водопотребления и водоотведения, уровне теплового загрязнения воды и воздуха, о размерах земельных ресурсов, которые отводятся под склады топлива, хранения золы и шлаков.

На долю промышленности приходится большая часть выбросов в природную среду. Промышленность объединяет различные отрасли, отличающиеся разнообразной специализацией, используемым сырьем, технологией производства, выпускаемой продукцией и специфической воздействием на природную среду и здоровье человека. Базовая информация должна содержать характеристику отраслей промышленности, влияющих на экологию города, и ежегодную информацию о масштабах этого воздействия: объемах и составе сточных вод и выбросов в атмосферу, их токсичности, объемах водопотребления, о границах и динамике воздействия. Информация за ряд лет позволяет определить тенденцию в развитии воздействия промышленности на качество жизни в городе. Помимо интегральной отраслевой необходима информация по каждому конкретному промышленному предприятию. Реестр всех предприятий города должен включать вид конкретного предприятия, его адресные данные, специализацию, историю развития, мощность производства, занимаемую площадь, расположение в городе, численность занятого на нем населения, характеристику используемого сырья и технологического процесса. Характер воздействия предприятия на природную среду должен определяться объемом и составом выбросов загрязняющих веществ и сбросов сточных вод, мощностью и эффективностью очистных сооружений. Источником такой информации может служить экологический паспорт промышленного предприятия, составленный в соответствии с ГОСТом [26].

Транспортно-коммуникационная система города – один из основных источников загрязнения природной среды. Особенность его воздействия заключается в выраженных линейных формах, привязанных к транспортным и коммуникационным объектам. Воздействие транспорта на окружающую среду проявляется главным образом в привнесении жидких, твердых и газообразных веществ,

обладающих высокой химической активностью и токсичностью, а также в шумовом загрязнении. Наибольшее воздействие оказывает автомобильный транспорт, наименьшее – трубопроводный (если не наблюдается аварийных ситуаций). Необходимый массив информации в этом блоке должен включать данные: о видах транспорта, плотности транспортной сети, ее протяженности и расположении, соотношении линейных и локальных (узлы, станции, депо и т.д.) элементов, о классе дорог, грузообороте и пассажирообороте, интенсивности движения.

Экологические проблемы в городе тесно связаны и с жилищно-коммунальным сектором. Для определения степени воздействия этой сферы хозяйства на природную среду необходимо иметь в БД следующую информацию: о плотности застройки, плотности населения по кварталам и районам города, системе водоснабжения города и водозабора, объемах водопотребления и водоотведения, наличии и эффективности коллекторно-дренажной сети и канализационной сети (поля фильтрации, очистные сооружения, отстойники), санитарно-эпидемиологическом состоянии водных источников, количестве котельных, их расположении, объемах выбросов. В последнее время получил развитие частный жилищный сектор. А значит, необходимы сведения о количестве, площадях и ареалах размещения индивидуальных застроек и данные о системах отопления, водозабора и отведения хозяйственно-бытовых стоков, применяемых в частном секторе.

Следует также включить в БД информацию об электромагнитном загрязнении, что является довольно сложной задачей в силу высокой пространственной и временной изменчивости электромагнитных полей. В эту информацию могут входить данные об источниках радио- и электромагнитных полей: радио- и телепередатчиках, локаторах, линиях ЛЭП и т.д., их мощностях, зонах электромагнитного загрязнения, превышении гигиенических стандартов.

Сельское хозяйство – это территориальноемкое производство, не только оказывающее значительное воздействие на состояние природной среды, но и испытывающее обратное влияние экологической обстановки на организацию производства и качество получаемой продукции земледелия и животноводства. Специфика сельскохозяйственного производства в пригороде и в пределах города состоит в его специализации и в интенсивной технологии, применяемой на относительно небольших площадях. Поскольку объектом сельскохозяйственного производства является сложная природно-хозяйственная система, информационное обеспечение ГИС должно складываться из сведений:

- о природно-ресурсных факторах, влияющих на сельское хозяйство: агрометеорологических условиях, ландшафтных особенностях, качестве земель, включая оценку их экологического состояния и стоимость;

- производственно-технологических условиях: структуре земельных угодий, размере пахотных земель и их размещении, специализации, видах сельскохозяйственных культур, размерах посевных площадей, применяемых севооборотах, технологии обработки, использовании удобрений и пестицидов, складах их хранения, мерах по охране природных ресурсов;

- воздействию сельскохозяйственного производства на природную среду: заболачивании и смыве почв, загрязнении почв и поверхностных вод, образовании оврагов, деградации лугов, качестве получаемой продукции.

Особенно неблагоприятное воздействие на природную среду оказывают животноводческие комплексы и птицефабрики. Они являются источниками загрязнения почв, водных ресурсов и атмосферного воздуха. Проблема усугубляется отсутствием очистных сооружений или низкой эффективностью их работы. Особенно высокотоксичны стоки свиноводческих и птицеводческих комплексов.

Необходимая информация должна содержать сведения о количестве, специализации и размещении ферм, их мощности (количество содержащегося скота или птицы), об объемах стока, наличии и работе очистных сооружений.

Сельскохозяйственное производство и интенсивная сельскохозяйственная деятельность садово-дачных и садово-огородных кооперативов сходны по характеру воздействия на природную среду. Следует иметь информацию о площадях этих кооперативов, количестве участков и о населении, проживающем там круглогодично или в летний сезон. Помимо загрязнения почв и вод наблюдается вытаптывание лесной и луговой растительности вокруг садово-дачных участков.

Большое отрицательное воздействие на экологическое состояние среды оказывает также деятельность курорто-оздоровительных учреждений, отсутствие очистных сооружений у которых приводит к загрязнению воды и почвы; для них тоже характерно вытаптывание растительного покрова в окружающих парках, зеленых насаждений.

Особая роль в улучшении экологической обстановки в городе принадлежит лесному и лесопарковому хозяйствам. Они формируют и поддерживают в удовлетворительном состоянии зеленую зону вокруг города и зеленый каркас внутри (парки, скверы, лесные посадки вдоль дорог, транспортных магистралей, в санитарно-защитных зонах предприятий), назначение которых состоит в осуществлении санитарно-гигиенических функций, т.е. в улучшении экологического состояния среды, защите от вредных газов и пыли. Информация о степени выполнения зелеными насаждениями их функций должна складываться из следующих сведений: о видах лесных насаждений, их назначении, ведомственной принадлежности, динамике площадей, составе пород и возрасте деревьев, количестве рядов в посадках и общем экологическом состоянии лесов и парков, отдельных групп деревьев

и растительного покрова (кустарников, трав, лишайников, мхов). По состоянию растительности можно судить об экологической обстановке в городе.

Особо следует учитывать историко-архитектурные памятники города и уникальные природные объекты или фрагменты ландшафта, которые испытывают сильное воздействие вследствие загрязнения воздуха, почв, воды, а также в результате рекреационного и туристического давления и для сохранения уникальности которых необходимо применение системы охранительных и защитных мер. С другой стороны, они сами должны входить в экологический каркас города, улучшать и облагораживать его экологическую обстановку.

### *Социальный блок (III)*

В пределах природно-хозяйственных систем города социальный блок отражает характеристики ответной реакции населения на нарастающее антропогенное давление. Любой живой организм, как и экосистема в целом, обладает определенной устойчивостью. Это означает, что неблагоприятные реакции на внешнее воздействие наступают в большинстве случаев не сразу, а через определенный промежуток времени – по мере накопления нагрузки, т.е. имеет место так называемый «кумулятивный эффект». Он находит свое выражение в резком увеличении определенного рода хронических заболеваний, случаев с неблагоприятной наследственностью, в повышении детской смертности и т.п. Таким образом, в социальном блоке должна накапливаться базовая и динамическая информация (в мониторинговом режиме) о современной обстановке в общественном секторе, а также информация, характеризующая:

1. Численность и плотность населения по районам и микрорайонам.

2. Удаленность жилой застройки от промышленных объектов, представляющих потенциальную экологическую опасность.



3. Близость проживания к зеленым зонам города.

4. Производственную принадлежность и профессиональную структуру.

5. Экологически зависимые заболевания: а) злокачественные заболевания; б) расстройства эндокринной системы; в) кожные заболевания; г) ОРЗ; д) заболевания печени и почек; е) острые желудочно-кишечные инфекции; ж) астматические заболевания. Очень важно в мониторинговом режиме отслеживать динамику таких заболеваний для установления причинно-следственной связи выявленных параметров заболеваемости с количественными характеристиками качества воздуха и воды.

6. Социально зависимые заболевания (туберкулез, алкоголизм, наркомания, токсикомания).

7. Уровень криминогенной обстановки в городе.

#### *Нормативный блок (IV)*

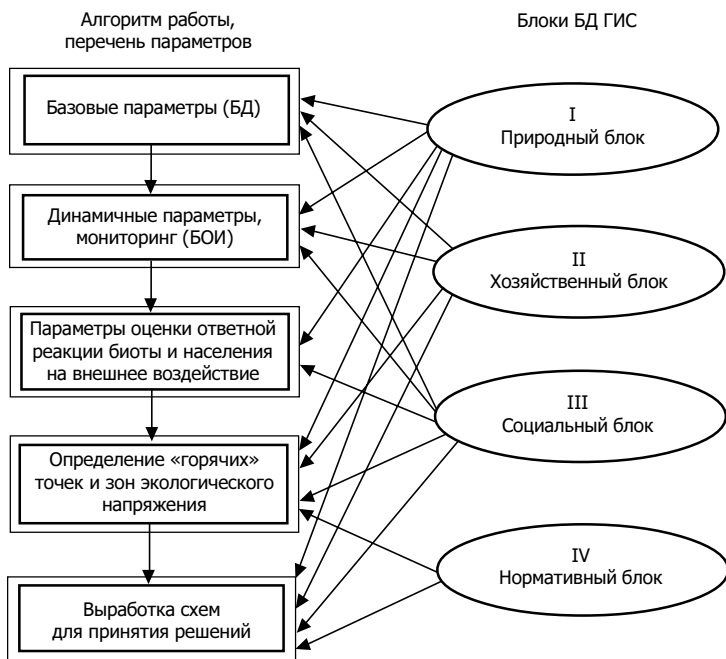
Любые динамические и параметрические модели состояния природной среды в целом и ее элементов нуждаются в нормированной оценке. Поэтому для решения практических задач в систему ГИС вводится нормативный блок, который должен содержать базовую информацию, представленную:

а) ГОСТами оценки качества природных объектов; б) предельнодопустимыми концентрациями вредных веществ в водах, приземном слое воздуха, почвах (документы СанПиН); в) СНиПами или выдержками из них, касающимися влияния строительства на качество природной среды; г) пакетами формул для расчета оценочных и интегральных показателей качества природной среды в целом, приземного слоя воздуха, качества вод и т.п.

#### *3.2.2. Функциональная схема ГИС*

В идеале система ГИС должна в автоматическом режиме сопоставлять оперативные и текущие данные о состоянии природных элементов с требуемыми нормами и ГОСТами и выдавать потребителям итоговую

**Рис. 3.1. Принципиальная схема функционирования экологической ГИС города**



аналитическую информацию в оперативном режиме. Связь перечисленных выше блоков и алгоритм выполнения главных задач отражены на функциональной схеме ГИС экологии (рис. 3.1).

### **3.3. Базовые элементы экологической ГИС г. Вологды**

#### *3.3.1. Статичные и слабо меняющиеся объекты*

Характеристика экологической обстановки ГИС складывается из базовых (статичных и медленно меняющихся) и динамичных (периодически или тенденциозно меняющихся во времени) параметров.

К базовым элементам относятся медленно меняющиеся характеристики состояния городской окружающей среды, основных природных компонентов, например

рельефа, почв, растительности и т.п., и природно-антропогенных объектов. Информация должна содержать данные картографического и атрибутивного плана, минимально необходимые для принятия решений и реализации частных задач.

Основными базовыми элементами, составляющими экологическую обстановку, являются следующие электронные картографические слои с привязанной к ним атрибутивной информацией:

1. Рельеф.
2. Природные воды.
3. Растительность.
4. Почвы.
5. Основные климатические особенности.
6. Природно-антропогенные объекты, определяющие современное состояние города.

Представляется возможным выбрать минимально необходимый комплекс базовых параметров, которые смогли бы с достаточной степенью объективности охарактеризовать современную экологическую ситуацию в г. Вологде.

На первом этапе формирования базы данных ГИС была осуществлена подготовка пакета картографической информации на электронной основе в виде соответствующих слоев. Это наиболее трудоемкий процесс, связанный с ручной оцифровкой имевшихся в наличии картографических материалов или их производных. Основным источником создания цифровой карты «Экологическая обстановка г. Вологды» послужил план г. Вологды масштаба 1:10 000, изданный в 1986 г. ГУГК, состоящий из четырех листов. Оцифровка производилась с той минимальной детальностью и насыщенностью, которая позволяет решать экологические задачи на уровне города. Оцифровка карты и ввод атрибутивных данных произведены с помощью программ PC ARC/INFO 3.4.2 на компьютере PC 486

с использованием дигитайзера MICROGRID II и ARC/INFO 7.02 на компьютерной станции SPARC 10, с применением стандартной методики, изложенной в руководстве «Изучение ГИС. Методология ARC/INFO», разработанном фирмой ESRI, Inc., Редлендс, Калифорния, США.

Цифровая карта «Экологическая обстановка г. Вологды» содержит на данный момент 11 тематических слоев. Отдельно создавались слои по природным и хозяйственным характеристикам, отражающие основные классы географических объектов данной территории. Набор основных слоев условно разделен на два субблока.

Субблок «А»

1. Речные бассейны
2. Овражно-ложковая сеть
3. Речная сеть, водные объекты
4. Рельеф
5. Зеленые насаждения

Субблок «Б»

1. Границы города
2. Автодороги
3. Железные дороги
4. Промышленные объекты
5. Места сброса предприятиями сточных вод
6. Природно-хозяйственные объекты
7. Историко-культурные объекты

Хозяйственные системы и объекты оцифровывались в границах города, определенных по состоянию на 1986 г.

Программные средства редактора ARC/INFO позволяют в автоматическом режиме получать на основе оцифрованной информации картографические изображения от мелкого до крупного масштаба локальных «врезок» и адаптировать этот материал к желаемому программному обеспечению, например к пакету GeoGraph Центра геоинформационных исследований ИГ РАН.

Аналитические возможности различных программных продуктов отличаются по мощности и специфике. В этой связи остро стоит проблема преемственности данных, универсальности форматов обмена, используемых при работе с пространственной информацией. На начальном этапе разработки базы данных ГИС выведение всех необходимых информационных документов на магнитные

носители не производилось, поскольку данная работа носит методический характер и имеет своей целью обосновать принципы формирования структуры БД для территории г. Вологды. Ниже приводится набор параметров и их характеристик, с которых было начато наполнение базы данных ГИС экологии г. Вологды.

### *3.3.2. Естественный и антропогенный мезо- и микрорельеф*

Основой для работы ГИС экологической направленности является цифровая модель рельефа, построенная с учетом основных географических закономерностей. Для создания цифровой карты современного рельефа были оцифрованы с разной степенью детальности различные типы рельефа с сечением 2, 4 и 8 м.

Мы сочли необходимым сделать сечение рельефа через 2 м в пределах плоских депрессий и долины р. Вологды (абсолютные отметки высот от 108 до 116 м). В местах высоких речных и озерно-ледниковых террас, где абсолютные отметки высот колеблются от 116 до 130 м, шаг изогипс составил 4 м. В пределах моренных холмов вынесены изогипсы с сечением 8 м при абсолютных отметках от 130 до 160 м. Такой нестандартный подход выбран с целью более детального выделения наименее дифференцированных поверхностей речных долин и депрессий и определения в их пределах основных направлений поверхностного и внутриводосборного стока.

Одновременно устанавливалось наличие зон естественного и искусственного подпора, обусловленного размещением преобладающих уклонов, насыпей шоссе и железных дорог, гидравлическими характеристиками водопропускных сооружений. Естественные заболоченные депрессии и зоны возможного искусственного подпора выделены в качестве самостоятельного слоя совместно с сетью балок, оврагов, тальвегов временных водотоков.

Следующий слой характеризует границы водоразделов главных и местных низкопорядковых водотоков. Сеть малых водотоков, впадающих в реки и ручьи, а также выраженных в рельефе логов, балок и оврагов, выделена в виде элементарных бассейнов, которым на цифровой карте присвоен соответствующий порядковый номер, определена их площадь. Эти элементарные бассейны в будущем станут отправными единицами при решении задач мониторинга и расчетов жидкого и твердого стока с исследуемой территории. Всего выделено 67 элементарных бассейнов площадью 1–2 кв. км, которые включены в систему сети макробассейнов р. Вологды и ее главных притоков.

### *3.3.3. Почвы и растительность*

В качестве самостоятельного слоя почвенный покров города не выделялся. Для этого необходима специальная крупномасштабная почвенная съемка, данными которой мы не располагали. Известно, что в городах наблюдаются значительные преобразования всех природных компонентов, и особенно в почвенном и растительном покрове. Почвенный покров за пределами зон жилой и хозяйственной застройки в силу исторических и других обстоятельств сильно трансформирован. В первую очередь это относится к верхним органогенным горизонтам. Исторический фон территории – это типичные подзолистые почвы различных генераций (от слабо-средне-сильноподзолистых и дерново-подзолистых до подзолисто-глеевых, торфяно-подзолисто-глеевых, болотных, лугово-болотных и торфянистых). В процессе освоения подзолистые почвы перешли в дерново-подзолистые окультуренные вследствие сведения лесной растительности и олуговения. Верхние горизонты – дерновый, гумусовый и элювиальный превратились в пахотный, наиболее насыщенный элементами питания и, одновременно с этим, теряющий или приобретающий свое естественное плодородие (почвы сельскохозяйственных земель и приусадебных участков).

В пределах города наибольшее распространение имеют следующие почвы [68]: дерновые мощные антропогенные сильно измененные – насыпные; дерновые среднемощные антропогенные среднеизмененные – насыпные; дерновые маломощные антропогенные слабоизмененные – насыпные; дерново-слабо-среднеподзолистые, антропогенно почти не измененные – нарушен лишь горизонт  $A_1$ , либо перекрытые насыпным грунтом до 10 см. Первые распространены в центральной части города, давно освоенной. Они практически потеряли первичный генетический облик, изобилуют скелетным материалом антропогенного происхождения и органоматериалом торфяноперегнойного характера, отсыпанного в процессе рекультивации и планировочных работ. Вторые сохраняют погребенные реликтовые горизонты в нижней и средней части профиля. Верхняя часть – окультурена. В ряде случаев при рекультивации произведена насыпка органического горизонта из привозного торфа или перегноя, который впоследствии трансформирован в окультуренный  $A_1$ . То же можно сказать и о слабоизмененных дерновых и дерново-подзолистых почвах.

Однако чаще можно встретить такое состояние почвенного профиля, когда верхние, органические горизонты отсутствуют вовсе или частично вследствие вытаптывания, деформации тяжелыми машинами или срыва при бульдозерных расчистках, застройки и асфальтирования. В мониторинговом режиме такие территории нуждаются в контроле, но внесение подобных контуров окультуренных и деформированных почв в цифровые карты в качестве базовых нецелесообразно. Они легко распознаются по косвенным признакам – характеру землепользования (парки, скверы, газоны, приусадебные земли, зоны современного строительства, пустоши или неудобные земли).

Более серьезным показателем состояния почвенного покрова является его переувлажнение вследствие антропо-

погенных причин. В Вологде, исключая ее центральную часть, почти повсеместно формирование и трансформация почв идет в полугидроморфных или гидроморфных условиях, в результате чего развиваются полуболотные или даже болотные почвы (район д. Екимцево, восточная часть территории льнокомбината и т.п.). В большинстве случаев это обусловлено временными или постоянными подпорами в результате того, что при строительных работах хозяйственных или промышленных объектов и транспортных коммуникаций не учитывается доминирующее направление поверхностного или внутрипочвенного стока, создаются так называемые «стоковые ловушки». Это характерно для бассейна р. Дулевки, района ЗАО «ВПЗ», восточной части города, рассеченной сетью насыпей железных и шоссейных дорог. Перепуски стока под ними не могут быть эффективными, и переувлажнение почв в условиях затрудненного дренажа и малых уклонов неизбежно. Как следствие, неизбежно и заболачивание почв, и их техногенное загрязнение. Участки с такими неблагоприятными почвенными процессами можно выделить путем наложения пяти слоев: мезо- и микрорельефа, ложковой и овражно-балочной сети, растительности, автомобильных и железных дорог.

Информация о растительности в современном ее состоянии выделена в специальный слой. В нем отражены сведения о лесных массивах, отдельных рощах, дугах, болотах; в пределах города – парках, скверах, газонах.

Среди внутригородских зеленых насаждений можно выделить по местоположению 4 основные группы [68]:

- ⇒ насаждения селитебной (жилой) зоны города;
- ⇒ промышленных и коммунально-складских зон;
- ⇒ транспортных зон;
- ⇒ прочих территорий.

Они также подразделяются: на насаждения общего пользования – городские и районные парки, сады жилых



районов и микрорайонов, скверы, бульвары; насаждения ограниченного пользования и специального назначения – в зонах жилой застройки, учебных и детских дошкольных заведений, культурных и лечебных учреждений, спортивных сооружений; насаждения промышленных предприятий, кладбищ, коллективных садов, санитарно-защитных и водоохраных зон.

На цифровых картах мы выделили два слоя растительности. Первый – естественная растительность: леса, рощи, дуга, пойменные дуга, болота. Второй – растительность, отраженная в базе данных антропогенного происхождения: городские парки, скверы, газоны, стадионы, бульвары, кладбища и т.п.

Для характеристики и инвентаризации зеленых насаждений, а также мониторинга их состояния в блоке таблиц атрибутов необходимо внесение индивидуальных характеристик состояния зеленых насаждений выделенных контуров, являющихся неотъемлемой частью экологического каркаса города. Под таблицей атрибутов подразумевается комплекс характеристик каждого конкретного объекта, позволяющий оценить его состояние, наблюдаемое в аспекте задач экологического мониторинга.

Для естественных насаждений (лесных массивов) в качестве базовых параметров должны выступать таблицы, характеризующие: площадь насаждений, состав преобладающих пород, бонитет, плотность насаждений.

Более динамичные параметры, такие, как видовая дифференциация во времени, состояние пород, возраст, болезни и т.п., мы относим к мониторинговым характеристикам, которые должны присутствовать в блоке обновления информации.

#### *3.3.4. Гидрографическая сеть*

Размещение на территории крупных и малых водных объектов является одним из важнейших элементов характеристики экологического каркаса города. Они тесно

связаны с рельефом территории, его мезо- и микроформами. Водные объекты выделены в самостоятельный слой. Гидросеть территории представлена разнопорядковыми водотоками, среди которых к наиболее высокому рангу относятся рр. Вологда и Тошня, а также притоки Вологды – рр. Содема-Золотуха, Шограш, Дулевка. Вместе с тем в северо-восточной части города, в пределах Вологдо-Сухонской плоской депрессии, в результате ее хозяйственного освоения – разработки торфяных месторождений – сооружена система дренажных каналов и головного канала, отводящих основной сток не в восточном, а в западном направлении – к р. Вологде. Это типичная антропогенная трансформация поверхностного и дренажного стока, приведшая к изменению характера местного дренажа на площади более 5 кв. км.

Заметную роль в характеристике структуры поверхностного водообмена территории г. Вологды играют многочисленные пруды, в основном хозяйственного назначения. Это заболоченные депрессии, небольшие озера, имеющие естественное или антропогенное происхождение. Данные о прудах, реках и каналах объединены в слой «гидросеть и водные объекты». В таблице атрибутов здесь целесообразно привести не только данные инвентаризации основных водных магистралей с описанием базовых параметров, характеризующих объекты в учетных створах, но и систему динамичных параметров, таких, как средний, максимальный, минимальный сток; ледовый режим; паводковые уровни различной обеспеченности [101].

Базовые характеристики малых водных объектов (озер, прудов, естественных и искусственных) должны отражать: площадь объекта; среднюю глубину; степень заиленности (мощность донных осадков); характер эвтрофикации; степень загрязнения; хозяйственное использование; параметры рыбохозяйственного или мелиоративного использования.

Динамические параметры должны быть включены в блок обновления информации. К ним можно отнести динамику гидрохимического состава вод, санитарно-эпидемиологического состояния, уровня воды и мощности донных отложений, зарастание околотовной и водной растительностью, характеристику флоры и фауны.

### *3.3.5. Климатические и погодные характеристики*

Главными составляющими климатических и погодных характеристик являются те, которые тем или иным образом определяют многолетнее или сезонное состояние экологической обстановки в городе, влияют на характер процессов естественного самоочищения, происходящих в природно-антропогенных ландшафтах, или, наоборот, загрязнения территории. Особый интерес представляют неблагоприятные метеорологические условия (НМУ).

Известно, что ветровой перенос поллютантов (загрязнителей), поступающих в атмосферу, зависит от множества факторов природного или антропогенного характера. В связи с этим в качестве базовых характеристик в БД включены:

а) ветровые характеристики: повторяемость направления ветра и штилей; средняя месячная и годовая скорость ветра, вероятность ветра различной скорости по направлениям в суточном и годовом режиме, среднее и наибольшее число дней с сильным ветром, более 15 м/с в годовом режиме; вероятность различных скоростей ветра в течение суток в годовом режиме;

б) погодные характеристики как факторы самоочищения атмосферы: состояние общей и нижней облачности, число ясных и пасмурных дней, среднее число дней с туманом, метели (среднее число дней), продолжительность метелей, повторяемость различных направлений ветра при метелях, повторяемость различных скоростей ветра при метелях, среднее и наибольшее число дней с грозой, средняя продолжительность гроз, среднее число дней с градом.

Перечисленные параметры вводятся в таблицу атрибутов по двум метеопостам: Вологда – Прилуки и Вологда – Молочное [2].

Наличие такой базовой информации и пакета расчетных программ, реализующих динамические модели, дает возможность оценить эффект воздействия хозяйственных объектов – основных поставщиков загрязнителей в атмосферу города. При этом представляется возможным оценивать и прогнозировать характер самоочищения атмосферы в результате различных погодных явлений.

Известна роль преобладающих направлений ветра в сочетании с ориентировкой речных долин и других форм рельефа в переносе загрязняющих веществ на локальном уровне. Этажность и организация городских кварталов в крупных городах может определять не только особенности местного ветрового режима, но и микроклимат территории. Представляется целесообразным отразить в виде самостоятельного слоя базы данных картографическую информацию о влиянии городской застройки и транспортных магистралей на характер загрязнения и перераспределения осевших на земную поверхность техногенных продуктов (воздушных мигрантов).

### *3.3.6. Антропогенно-техногенные объекты города*

Для отражения в базе данных распределения антропогенно-техногенных объектов по территории необходимой информации о пространственной структуре природопользования города и о дифференциации его территории по видам использования земель была составлена карта «Антропогенно-техногенный каркас г. Вологды» на основе плана г. Вологды в масштабе 1:10 000 и карты в масштабе 1:20 000 (1986 и 1993 гг.) [18]. Она служит базовой адресной картой для создания цифровых картографических слоев, характеризующих размещение и функционирование основных хозяйственных объектов, определяющих экологическое состояние города.

Информация дается в БД в двух видах:

- картографическом, что позволяет определить и оценить особенности размещения земель различного хозяйственного назначения и основных источников загрязнения в их взаимосвязи и взаимовлиянии, а также воздействие на природную среду города;

- статистическом справочном, что позволяет характеризовать выделяемые объекты по различным экологически значимым параметрам (в соответствии с принятыми формами учета), адаптированным к целям ГИС и представленным в таблицах атрибутов.

Картографический слой, передающий размещение территориально-хозяйственных систем, представлен полигональным покрытием, слой транспортной сети – линейным и слой промышленных предприятий – точечным. Каждый цифровой слой сопровождается таблицами атрибутов, характеризующих объекты этого слоя. Для проведения анализа и оценки состояния различных хозяйственных систем и влияния их на экологическую ситуацию в городе можно совмещать различные слои (или объекты различных слоев): например, контур «зеленого» каркаса города с контурами жилой застройки или объектами культурно-исторического наследия, промышленными объектами и т.п.

Антропогенно-техногенный блок представлен следующими цифровыми слоями:

1. *Земли разного назначения* (виды землепользования): жилая застройка; промышленные зоны и хозяйственная застройка (складские помещения, ангары, гаражи и пр.); земли отчуждения под хозяйственные застройки железных дорог; земли, занятые свалками; земли под очистными сооружениями; неустроенные территории (пустыри, неудобь).

Слой сопровождается следующими атрибутами: данными о плотности застройки, плотности населения по

кварталам или районам города, данными о системе водоснабжения, наличии и эффективности коллекторно-дренажной и канализационной сети, количестве котельных, санитарно-эпидемиологическом состоянии водных источников, объемах водопотребления и водоотведения, характеристикой очистных сооружений (способ очистки, пропускная способность, эффективность), свалок, характеристиками промышленных предприятий (состав сырья, объемы производства, технология и т.д.).

2. *Земли сельскохозяйственного назначения*: сельскохозяйственные предприятия (парниковые хозяйства); садово-дачные участки; сельскохозяйственные земли (сочетание сенокосов, выпасов, пашен, огородов); сады.

Таблица атрибутов содержит данные о площадях парниковых хозяйств, объемах и составе сбрасываемых вод; о площадях и количестве садово-дачных участков, о численности населения, проживающего на них в летний период и круглый год, данные о загрязнении почв, вод и степени деградации растительного покрова; о структуре и состоянии сельскохозяйственных земель, о применяемых удобрениях и т.д.

3. *Земли лесного и лесопаркового хозяйства*:

- зеленая зона (окраины города и пригород): леса, рощи; редколесья, заболоченные редколесья; дуга;
- зеленый каркас города: парки, скверы, бульвары, посадки вдоль дорог, санитарно-защитные зоны предприятий.

В таблицы атрибутов вносятся сведения о названиях объектов, их площадях, типах посадок, преобладающих породах, состоянии насаждений.

4. *Спортивные сооружения*: стадионы, спортивные площадки.

5. *Объекты культурно-исторического наследия*: историко-архитектурные памятники культуры (церкви, монастыри, музеи, театры).

В таблицу атрибутов входят: номера, названия памятников, местоположение, возраст, краткое описание.

6. *Кладбища* (местоположение, площадь).

7. *Транспортная сеть*: железные дороги республиканского и межобластного значения; железные дороги местного значения; основные автомобильные дороги (шоссе, проспекты, улицы) с наибольшей интенсивностью движения.

Этот слой передает информацию о видах транспортных артерий, их протяженности и расположении. Атрибутами к этому слою могут служить следующие данные: вид транспорта, плотность и протяженность сети, класс дорог, грузооборот, пассажирооборот, интенсивность движения, характер водопропускных сооружений, площади эрозии и подтопления в зоне отчуждений. По расположению автомобильных дорог можно судить о местах концентрации загрязнения и запыления города автотранспортным транспортом. Кроме того, к ним привязаны места расположения автозаправочных станций и автовокзалов.

Через территорию города проходят две линии железной дороги республиканского и межобластного значения (Москва – Архангельск, Череповец – Киров), а также до 10 веток железнодорожных трасс местного значения, оказывающих большое влияние на местный сток, служащих причиной подпора поверхностных вод.

8. *Промышленные объекты* (источники загрязнения): ТЭЦ и котельные; промышленные предприятия; автотранспортные предприятия; места выпусков сточных вод промышленными предприятиями.

Этот слой состоит из оцифрованных точек (центров значков), соответствующих местам расположения промышленных объектов и местам выпусков сточных вод.

Картографический слой сопровождается несколькими таблицами атрибутов. В первую очередь, каждое промышленное предприятие характеризуется четырьмя атрибутами: кодовым номером промышленного предприятия,

взятым из городских статистических форм; наименованием предприятия; отраслью промышленности, к которой относится предприятие; адресом, где оно расположено.

В пределах границ города и в ближайшем пригороде оцифровано 100 предприятий с кодовыми номерами, соответствующими кодовым номерам в таблице атрибутов. Кроме того, на карту были нанесены 25 котельных и автозаправочные станции.

Оцифрованные промышленные предприятия характеризуются также информацией о масштабах их воздействия за год. В БД должна поступать ежегодная информация для оценки динамики техногенных процессов. Таблица инвентаризации техногенных выбросов в атмосферу предприятиями города содержит следующие атрибуты: код предприятия (в соответствии с кодом в цифровом картографическом слое), наименование предприятия, количество загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу за год (всего, твердых, газообразных и жидких), и наименования преобладающих или наиболее токсичных в выбросах загрязняющих веществ.

Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывают ТЭЦ и вагоноремонтный завод, а также предприятия машиностроения и металлообработки, строительной, деревообрабатывающей и лесохимической промышленности. В выбросах этих предприятий содержатся такие специфические вещества, как ксилол, толуол, ацетон, бензин, аммиак и пр. Образец структуры данных по атмосферным загрязнениям представлен в табл. 3.1.

**Таблица 3.1. Предприятия г. Вологды с наибольшим количеством загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу (1995 г.)**

Код предприятия	Наименование предприятия	Количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ, тыс. т
1	ТЭЦ	3 231,0
2	ЗАО «ВПЗ»	370,0



Картографический слой промышленных предприятий сопровождается также таблицей атрибутов, кодов предприятий, их наименований, объемов сточных вод и наименований загрязняющих веществ, преобладающих в сбросах. В табл. 3.2 представлен образец подачи информации по сбросам сточных вод.

**Таблица 3.2. Инвентаризация сбросов загрязняющих веществ в поверхностные объекты (1993 г.)**

Наименование предприятия	Объем сточных вод, тыс. м <sup>3</sup> /год	Загрязняющие вещества, преобладающие в сбросах
Вологодская ТЭЦ	8 767,60	Сульфаты, хлориды, кальций, магний

Как следует из характеристик 46 предприятий, самый большой сброс сточных вод осуществляет МУП «Вологдагорводоканал» (более 50 000 тыс. куб. м/год) и ТЭЦ (около 9 000 тыс. куб. м), 36 предприятий – примерно до 60 тыс. куб. м, 8 предприятий – от 60 до 350 тыс. куб. м в год. Со сточными водами поступают различные наркотические и токсичные для гидробионтов вещества: нефть и нефтепродукты, формальдегид, мышьяк, СПАВ, метанол, ацетон, фенолы, цианиды. Большое количество взвешенных веществ, фосфатов, нитратов, нитритов, аммонийного азота, поступающего в поверхностные воды, способствует эвтрофикации водоемов. Кроме того, в водоемы города поступают соединения железа, а также в отдельных случаях – алюминий, медь, цинк, хром, молибден, никель [27, 101].

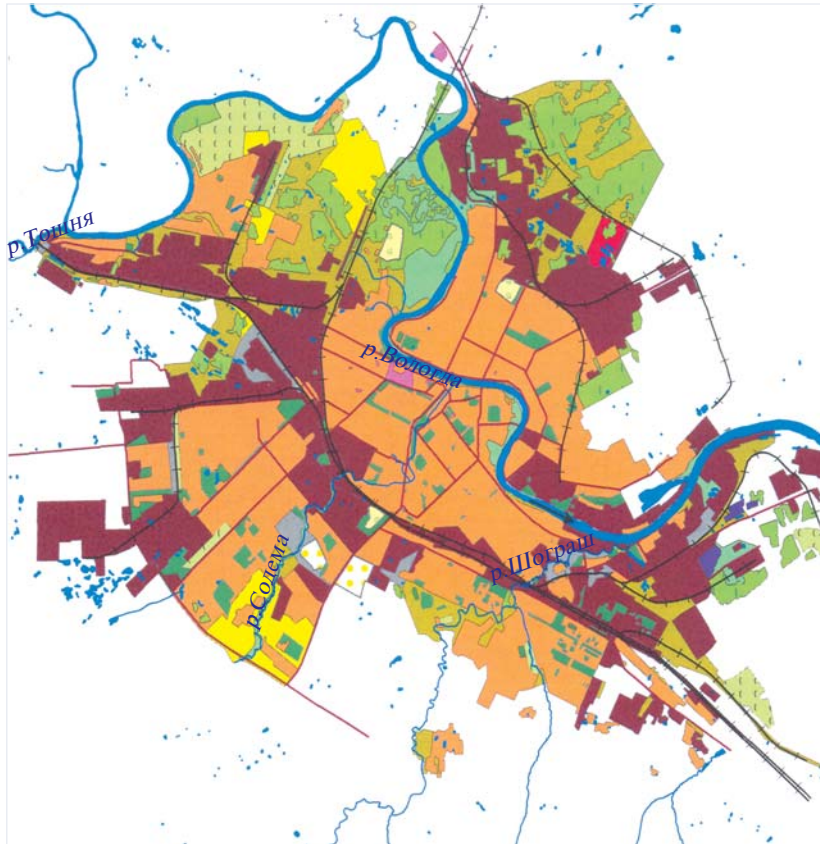
Совмещение перечисленных электронных слоев позволило составить карту «Функциональное зонирование территории г. Вологды» (рис. 3.2; цв. вклейка).

### **3.4. Динамические характеристики экологической ГИС города (блок обновления информации)**













#### *3.4.1. Структура блока обновления информации*

Задачи постоянного обновления, сортировки, синтеза вновь получаемых данных предусматривается решать в блоке обновления информации. Природоохранные и

Рис. 3.2. Функциональное зонирование территории г. Вологды



**Условные обозначения**

- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
|  | Жилая застройка   |  | <b>Культурно-мемориальный комплекс</b>       |
|  | Промышленные зоны и хозяйственная застройка (складские помещения, ангары, гаражи) |  | Объекты культурно-исторического наследия     |
|  | Свалки  |  | Кладбища                                     |
|  | Очистные сооружения   |  | <b>Зеленая зона</b>                          |
|  | Сельскохозяйственные предприятия (парниковые хозяйства)                           |  | Парки, скверы, бульвары, спортивные площадки |
|  | Сельскохозяйственные земли  |  | Леса, рощи                                   |
|  | Сады, садово-дачные участки   |  | Редколесья и заболоченные леса               |
|  | Железные дороги   |  | Луга   |
|  | Автомобильные дороги  |  | Незастроенные территории (пустыри, неудобья) |
|   |   |  | Водные объекты                               |

экологические службы г. Вологды и области регулярно, в соответствии с существующим согласованным регламентом, обеспечивают заинтересованные организации потоками первичной информации о качестве воздуха, воды, других природных объектов. Существует график работы этой системы – в цепочке от владельца первичной информации до ее потребителя. Естественно, что отраслевой мониторинг на базе различного типа АРМов дает «сырой» и объемный вид информации. Для оперативной оценки экологической обстановки и ее динамики поступающие данные должны быть соответствующим образом обработаны, обобщены на основе принятой географической (экологической) концепции. Только в этом случае информационная система становится географической, предназначенной решать существующие проблемы экологической безопасности города в комплексе.

Блок обновления информации (БОИ) – это целостная система, выполняющая функции подготовки комплексов выходных документов, необходимых для принятия оперативных и прогнозных решений по многофакторным проблемам, касающимся динамических процессов и явлений, определяющих экологическую обстановку. Его структура построена таким образом, чтобы поступающая отраслевая мониторинговая информация могла быть минимизирована, обработана и оперативно предоставлена потребителю в простом, удобочитаемом виде. Структура БОИ должна также предусматривать возможность определенной интерпретации получаемой новой информации с выработкой предварительных предложений и рекомендаций, направленных на принятие решений.

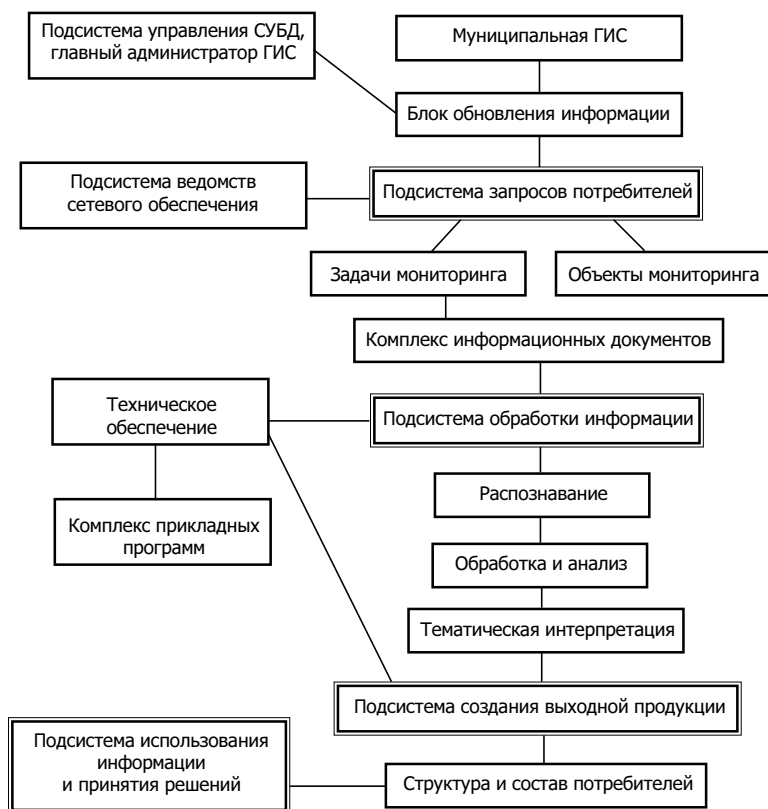
Задачи БОИ представляются следующими:

а) получение информации; б) ее обработка; в) анализ и синтез; г) интерпретация; д) формирование выходных документов; е) выработка предварительных рекомендаций и предложений.

Информация может поступать в ГИС в картографическом виде, в форме таблиц и текстовых файлов. Обработываться она должна на основе пакетов компьютерных прикладных программ, способных импортироваться и экспортироваться в системах, используемых для ГИС (например, для GeoGraph, GeoDraw, ARC/INFO, ArcGis и др.).

Структура БОИ должна строиться на основе следующей блок-схемы (рис. 3.3).

**Рис. 3.3. Структура блока обновления информации**



Она включает в себя:

⇒ подсистему сетевого обеспечения и ввода данных в ГИС;

- ⇒ подсистему запросов потребителей и формирования бланка-заказа;
- ⇒ подсистему обработки информации на основе принятого технического обеспечения и комплекса прикладных программ;
- ⇒ подсистему создания выходной продукции;
- ⇒ подсистему использования информации для принятия решений, определяющую структуру и состав потребителей.

Управление работой блока осуществляет подсистема главного администратора (система управления базой данных). Она связывает БОИ, получающий преимущественно динамичную информацию, с основной базой опорных данных, которая содержит статичную или малодинамичную информацию и определяет условия работы ГИС как целостной системы.

### *3.4.2. Факторы, определяющие динамику состояния природно-хозяйственных систем*

Природно-хозяйственная система (ПХС) представляет собой территориальный комплекс, развитие которого диктуется как социально-экономическими, так и природными законами. Факторы, определяющие динамику состояния ПХС, можно объединить в группы:

- факторы социально-экономического характера, связанные с системой экономического развития территории в перспективном и ретроспективном аспектах;
- факторы, связанные с технологией производства и ее динамикой, научно-техническим прогрессом, с нарушением технологических норм и т.п.;
- природные факторы, связанные с циклами развития природных комплексов (коротко- и длиннопериодические);
- факторы катастрофического характера или развития нештатных ситуаций в пределах ПХС, которые могут определяться как природными, так и техногенно-антропогенными причинами.

Таким образом, факторы, обуславливающие динамику экологической ситуации, могут быть прогрессивного и регрессивного характера: например, расширение границ хозяйственных объектов, динамика границ зон застройки или сокращение площадей, занятых естественными зелеными насаждениями.

Функционирование ПХС происходит на фоне определенной цикличности природных и хозяйственных процессов. Это могут быть многолетние, годовые, сезонные, месячные, суточные и т.п. циклы. Они определяются режимом работы предприятий или погодно-климатическими условиями. Отсюда, при выборе параметров и регламента контроля за состоянием ПХС необходимо учитывать характер цикличности, направление и скорость динамичных процессов. Вместе с тем ряд процессов может быть связан с очень редко повторяющимися (малой вероятности) природными или хозяйственными явлениями. К ним относятся, например, катастрофические наводнения, ураганы, сильные засухи, техногенные аварии и т.п. Такие процессы в мониторинговом режиме предугадать нельзя, однако комплексный вероятностный прогнозный эколого-географический анализ возможных последствий должен быть предусмотрен в ГИС.

В настоящий момент среди существующих организационных проблем природоохранной деятельности логично выделить следующие, связанные с ее информационным обеспечением:

- ⇒ отсутствие методики выделения приоритетов по снижению загрязнения окружающей среды;
- ⇒ несистематическое отражение в статистической отчетности фактического состояния ситуации;
- ⇒ сохранение в ряде случаев незаинтересованности природопользователей в получении достоверной информации об учете расходов тепла, воды, сбросов сточных вод и др.

⇒ несоориентированность существующей системы ведомственного экологического мониторинга и подготовки информации на обеспечение принятия управленческих решений.

### *3.4.3. Динамические параметры природного блока ГИС, их комплексы и регламент контроля*

Как указывалось выше, динамика природных и хозяйственных (антропогенных) процессов определяется четырьмя группами факторов, связанными с социально-экономическими условиями функционирования ПХС (I), с технологией производства (II), с природными циклами (III) и с катастрофическими нештатными ситуациями как природного, так и антропогенного (IV) характера (табл. 3.3). Условно статичные характеристики, заложенные в БД ГИС, сгруппированы по природным средам [64].

**Таблица 3.3. Параметр контроля А «Пространственная характеристика объектов»**

Объект контроля	Факторы, определяющие динамику			
	I	II	III	IV
Почвы	0	0	1	0
Растительные объекты	1	0	1	0
Водные объекты	1	2,3	3,4	1
Климат	1	1	1	1
Погода	4,0	0	4	1,0
Хозяйственные объекты	1,2	1,2	0	0

0 – факторы не циклического характера

1 – многолетние циклы

2 – ежегодные циклы

3 – сезонные циклы

4 – суточные циклы

Эти параметры имеют длиннопериодический характер изменения (десятки – сотни лет), и в короткие периоды наблюдений их можно считать стабильными. К ним относятся параметры рельефа, многолетние параметры стока, параметры, отражающие многолетнее среднее состояние растительного и почвенного покрова, и характеристики климата. На фоне условно статичных показателей,

формирующих статичную модель территории, изменения, отмеченные при текущем мониторинге состояния природных и хозяйственных объектов, дают возможность определить тенденции как положительные, так и отрицательные и, таким образом, оценить слабые звенья в функционировании ПХС.

Рассмотрим субблоки БОИ в соответствии со структурой базового блока. Любой природный или хозяйственный объект характеризуется рядом качественных и количественных параметров, которые в содержательном смысле отражают пространственные, качественные и количественные характеристики. Это в первую очередь границы ПХС, границы природных объектов (водных, лесов и других растительных объектов, почвенных разновидностей и т.п.). Одни из этих границ относительно стабильны во времени, изменения других определяются погодно-климатическими циклами, третьих – хозяйственными факторами (табл. 3.4).

**Таблица 3.4. Параметр контроля Б  
«Качественные характеристики объектов»**

Качественные характеристики	Факторы, определяющие динамику			
	I	II	III	IV
<b>Растительность</b>				
Видовой состав	0	1,2	3	0
Фенология	0	3	3	0
Продуктивность	1	1,2	1	0
Болезни и вредители	0	2	1,2	0
Химическое загрязнение	1	1,2	3	0
<b>Поверхностные воды</b>				
Объем стока	1	1,2,3,4	1,2,3,4	0,4
Объем водозабора и водоотведения	1	1,2,3,4	2,3,4	0,4
Химическое загрязнение	1 / не зависит	2,3,4	3,4	0
Паводково-опасные зоны (их наличие и площадь)	0	1,2	2,3,4,0	0
Водоохранные зоны	1	—	2	0

Качественные характеристики в практическом смысле представляют собой набор показателей, которые необходимо измерять или за которыми надо следить. Подобные таблицы составлены и для других элементов природной среды.



Анализ временной изменчивости динамических характеристик природных объектов дает возможность определить регламент мониторинга, состав контролируемых параметров в рамках поставленных региональной ГИС задач по оценке экологической ситуации города и прилегающих к нему территорий.

Естественно, что, помимо качественной стороны, измеряемый параметр должен отслеживаться с определенной точностью, с определенным временным «шагом». В гидрометслужбе, в службах ГСЭН эта точность и «шаг» определяются соответствующими ГОСТами, в службах эксплуатации и проектирования – СНИПами. Например, широко используется форма подачи информации 2ТП «Воздух», 2ТП «Водхоз» и др. В блоке обновления информации такая форма излишне громоздка, и нет необходимости ее дублировать. Подобная информация должна обобщаться до уровней представительных (индикационных) показателей, дающих возможность получать достоверную картину экологической ситуации по минимуму параметров. Так, в форме 2ТП «Воздух» важным показателем является общий годовой объем выбросов в атмосферу предприятиями города, состав приоритетных поллютантов по их основным составляющим (газообразным, твердым, жидким) и их токсичность. В период чрезвычайных ситуаций на основе пакетов прикладных программ возможно (и необходимо) решение частных задач, таких, как представление динамической картины загрязнения атмосферы на заданный срок. В таких случаях структура и форма бланка-заказа на информацию должна учитывать как штатный, так и нештатный режим по специальному запросу. То же можно сказать и о химическом загрязнении поверхностных вод и т.п.

Малодинамичные процессы (например, изменение границ объектов) должны отслеживаться с шагом в 1–5–10 лет, равно как биопродуктивность и состав естественных растительных сообществ, флоры, фауны, водного насе-

ления (гидробионтов) и т.п. Для решения экологических задач города такая частота достаточна. Не следует при этом забывать, что соответствующие службы имеют свой шаг измерений, предусмотренный нормами, научной или практической целесообразностью.

Вышеприведенные таблицы, составленные на основе анализа цикличности функционирования природных и антропогенных систем, а также факторов, определяющих их динамичность, позволяют в общем виде определить дискретность предоставления информации и структуру бланков-заказов владельцам информации – в штатном режиме и для нештатных ситуаций. В положении о региональной информационной аналитической системе (РИАС) Вологодской области [73] уже предлагается структура информационных потоков между владельцами и потребителями информации, однако для областного центра подобный документ еще разрабатывается, что, по-видимому, необходимо при создании блока обновления информации ГИС экологии г. Вологды.

#### *3.4.4. Динамические параметры хозяйственного блока ГИС, их комплексы и регламент контроля за состоянием природно-хозяйственных систем*

Городские территориальные хозяйственные объекты экологического мониторинга представляют собой сложные полиструктурные и многофункциональные системы. Структура и содержание БД ГИС экологии города позволяют создать статичную фоновую модель, которая отражает исходное состояние природно-хозяйственного комплекса территории города и его хозяйственных элементов на момент формирования ГИС. При этом были использованы главным образом показатели условно статичные: вид использования земель и занимаемые площади, отраслевая специализация производства, вид получаемой продукции и др. Для характеристики техногенного воздействия на окружающую среду и население анализируются показатели, имеющие более динамичный характер.

Созданная БД ГИС позволила выделить зоны напряженного экологического состояния, т.е. показать экологическую ситуацию, сложившуюся в разных частях города к настоящему времени.

Для обеспечения экологического мониторинга необходимо в первую очередь определить задачи и комплексы параметров контроля за состоянием природно-хозяйственной системы. Для формирования информационного обеспечения блока обновления информации ГИС необходимо вслед за природным блоком определить состав динамических параметров хозяйственного блока БД, провести их систематизацию и установить регламент контроля. Изменение состояния природно-хозяйственных систем, как известно, определяется различными политическими, социально-экономическими и природными факторами, которые были объединены нами в четыре основные группы:

- 1) план развития города, организация систем управления городом и системы мониторинга;
- 2) структурно-функциональные особенности хозяйственных систем и их элементов, применяемые технологии и соблюдение технологических норм;
- 3) особенности динамики природно-ресурсной составляющей территориальных хозяйственных систем;
- 4) развитие нештатных ситуаций, вызванных аварийными чрезвычайными явлениями или процессами природного или техногенного характера.

Динамические хозяйственные параметры, как и природные, целесообразно отнести к соответствующим четырем группам, имеющим различную природу возникновения динамических процессов, что в значительной степени определяет состав динамических параметров и их пространственно-временной характер.

Систематизацию динамических параметров следует проводить в соответствии с разработанной структурой

хозяйственного блока базы данных: структурой природно-хозяйственных систем города, структурой использования земель, промышленностью, энергетикой, транспортом, жилищно-коммунальным комплексом, пригородным и городским сельским хозяйством, рекреацией, зеленым каркасом города, памятниками культурно-исторического наследия. Структурно-функциональные особенности различных хозяйственных систем, режимы работы, применяемые технологии определяют состав и режим динамических параметров.

Кроме того, все хозяйственные системы можно ранжировать по степени усиления неблагоприятного воздействия на среду города. В зависимости от взаимоотношений производства с природными свойствами территории они делятся на три основные группы [16]:

1) территориально-малоемкие локальные, слабо зависящие от местных природных ресурсов и условий, интенсивно воздействующие и преобразующие свойства территории на значительных площадях (теплоэнергетика, промышленность);

2) территориально-малоемкие линейные, испытывающие активное влияние природных условий и сами оказывающие значительное воздействие на примыкающие территории (транспорт, трубопроводы, энергосети, связь);

3) территориально-малоемкие, не только оказывающие воздействие на состояние природной среды, но и испытывающие обратное влияние экологической обстановки на ход производства, качество получаемой продукции и, главное, на качество жизни населения (сельское хозяйство, жилищно-коммунальное, лесное и лесопарковое хозяйство).

Хозяйственные объекты каждой группы можно также ранжировать по степени техногенного воздействия, по преобладающему воздействию на определенную природную среду (воздух, вода, почвы) или комплексному воздействию. Различная скорость изменения параметров,

и наличие или отсутствие многолетней, годовой, сезонной, внутрисуточной цикличности в их динамике позволяет определить временной характер изменений и тем самым обосновать режим наблюдения.

На основании вышеизложенных принципов систематизации параметров и в соответствии со структурой базового хозяйственного блока определяются комплексы динамических параметров, передающие пространственные, качественные и количественные изменения состояния природно-хозяйственных систем.

Изменения в размещении и соотношении земель различного хозяйственного назначения являются важным объектом экологического мониторинга, поскольку отражают тенденцию увеличения или снижения техногенной нагрузки на окружающую среду города и предопределяют возникновение новых или динамику существующих зон экологической напряженности. Особенно важными объектами для контроля выступают земли, занятые промышленными объектами, жилой застройкой и зелеными насаждениями. Изменение соотношения их площадей позволяет определить тенденцию изменения экологического состояния городской среды. Информация о дифференциации городских земель по целевому назначению и виду использования дается ежегодно в формах статистического учета в соответствии с принятой классификацией городских земель. Изменения структуры землепользования связаны с проведением в жизнь социально-экономического плана развития города и должны иметь ежегодный и многолетний режим контроля. К такому же регламенту контроля относятся изменения в системе управления природопользованием, действующей системе экологического мониторинга и административном делении города.

Показатели, характеризующие изменение структуры природно-хозяйственного комплекса территории города и системы управления природопользованием, могут быть

объединены в одну общую группу, включающую следующие объекты контроля:

- общую площадь городской территории, увеличение которой происходит, как правило, за счет сельскохозяйственных и лесных земель пригородной зоны;
- структуру использования земель;
- площадь земель лесного и лесопаркового хозяйства (зеленая зона и зеленый каркас города);
- площадь промышленных объектов;
- площадь жилой застройки;
- количество предприятий, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду;
- охранные, санитарно-защитные зоны;
- площади историко-культурных памятников;
- площади экологически напряженных зон;
- шумовое и электромагнитное загрязнение;
- административно-кадастровое деление города;
- сеть постов наблюдения экологического мониторинга;
- финансирование природоохранной деятельности;
- аварии, природные бедствия.

Остальной массив хозяйственных динамических параметров объединен нами в комплексы по отдельным природно-хозяйственным системам города – объектам наблюдения экологического мониторинга.

#### *3.4.5. Динамические параметры социального блока ГИС*

Главная задача создания ГИС экологии города – это обеспечение экологической безопасности жизни населения. Следовательно, социальный блок чрезвычайно важен в структуре информационного обеспечения. Информация социального блока передает ответную реакцию населения на увеличивающееся техногенное воздействие. Как правило, неблагоприятные реакции на внешнее воздействие наступают через определенный промежуток времени по мере их накопления, поэтому динамические параметры

блока передают медленно текущие изменения, относящиеся к ежегодному, а большей частью к многолетнему режиму наблюдения. Исключения могут составлять только нештатные ситуации, связанные с опасными чрезвычайными явлениями природного или техногенного характера.

Показатели, характеризующие изменение состояния социальной системы города, можно разделить на следующие группы, которые и будут являться основными объектами контроля:

⇒ Численность и плотность населения по городу, по районам и микрорайонам.

⇒ Демографические показатели:

• возрастная структура; средний возраст населения; численность детей до 14 лет;

• профессиональная структура;

• рождаемость;

• смертность;

• динамика численности населения.

⇒ Обеспеченность водой (на душу населения), качество питьевой воды.

⇒ Обеспеченность зелеными насаждениями.

⇒ Обеспеченность рекреационными ресурсами.

⇒ Численность населения, проживающего в зонах экологической напряженности.

⇒ Численность населения, подвергаемого шумовому и электромагнитному загрязнению.

⇒ Состояние здоровья:

• заболеваемость населения экологически зависимыми заболеваниями (ОРЗ, кожные, расстройства эндокринной системы, злокачественные, заболевания печени и почек, астматические заболевания);

• заболеваемость детей до 14 лет.

Отметим, что состав динамических параметров социального блока ГИС не следует определять только в соответствии с природно-экологическими факторами, поскольку в процессе взаимодействия социально-экономических

и природных факторов на территории города могут доминировать в одном случае первые, в другом – последние (например, качество питьевой воды, атмосферного воздуха или условия социального обеспечения, качество жилья и т.п.). Поэтому в состав контролируемых параметров в базу данных экологических ГИС следует включать и такие, как:

- ⇒ уровень благосостояния (показатель поликомпонентный, в первом приближении — доход на душу населения и т.п.);

- ⇒ функциональная роль контролируемого городского квартала (промышленная зона, «спальный» район, торгово-коммерческая зона, «сити» – деловой центр, вокзалы – транзит и т.п.);

- ⇒ характер преступности и уровень ее подконтрольности;

  - ⇒ границы участков УВД;

  - ⇒ функциональные границы медицинских и педиатрических участков;

  - ⇒ тип водо- и теплоснабжения (централизованный или индивидуальный).

Весь предложенный комплекс параметров предназначен для решения проблем экологической безопасности населения как в широком понимании этого понятия, так и в режиме мониторинга для выполнения частных задач.

### **3.5. Блок анализа и синтеза информации**

Анализ и синтез информации – наиболее важная часть функционирования геоинформационной системы. Эти процессы базируются, с одной стороны, на сведениях, хранящихся в описанных выше блоках, с другой – на базе знаний, полученных географической и экологической наукой. То есть здесь очень важно понимать сущность происходящих процессов, проследивать их причинно-следственные связи, уметь прогнозировать возможные



экологические ситуации на исследуемой территории, представлять выходную продукцию в форме, доступной и понятной для потребителя в соответствии с его интересами, разрабатывать варианты (версии) управленческих решений.

Основу такой базы знаний составляют:

- общепринятые концепции комплексно-географического территориального анализа;
- методы математико-картографического анализа;
- методы создания аналитических и синтетических карт районирования, зонирования и т.д.;
- методы оценки степени экологической напряженности, интенсивности антропогенной нагрузки, потенциала естественного самоочищения территории, экологического риска и др.;
- методы географического прогноза и т.п.

В качестве основы в блоке анализа и синтеза информации нами созданы карты:

- специального природно-хозяйственного районирования;
- экологически напряженных зон;
- оценки степени антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения.

Методика синтеза информации в электронном виде может осуществляться с помощью наложения имеющихся тематических слоев с дальнейшим определением нового качества синтезированных контуров природно-антропогенных систем, а также с помощью расчета синтетических показателей поликомпонентного характера (степень риска, интенсивность нагрузки на природную среду, комплексная геохимическая нагрузка на природные объекты и т.п.).

Получаемые карты несут в себе комплекс показателей, необходимых для принятия экологических решений, и, таким образом, становятся управляющими картами. Разработанные нами методические подходы к составлению таких карт рассматриваются в следующей главе.

## ГЛАВА 4

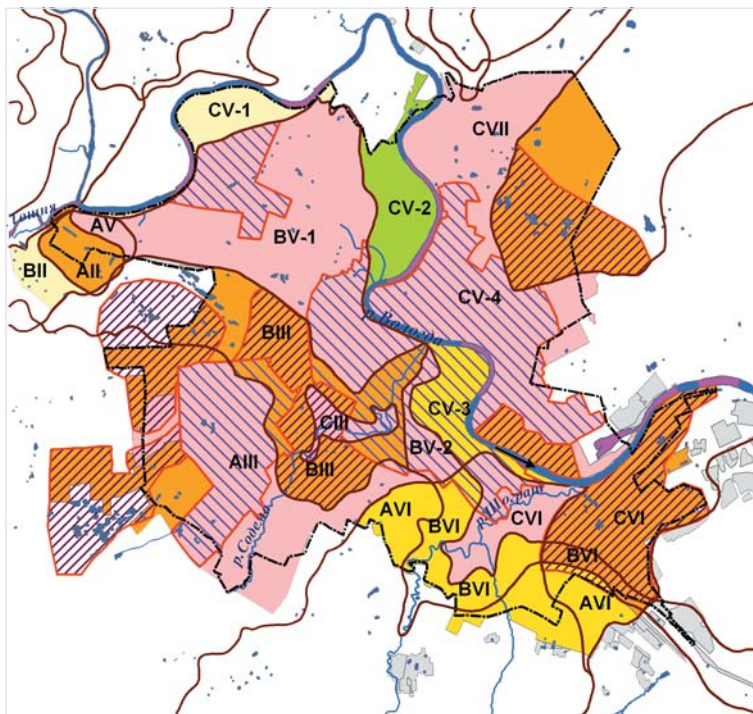
### РАЗРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ КАК ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ОСНОВА ГИС

#### 4.1. Природно-хозяйственное районирование с определением экологически напряженных зон

На основе анализа и синтеза выделенных слоев картографической информации БД ГИС представляется возможным составление совершенно новых как по качеству, так и содержанию карт. Такими могут быть карты оценочного характера. Например, на основе совмещения «слоев» рельефа, характера увлажнения, структуры бассейнов, их ландшафтно-геохимических особенностей и хозяйственной структуры территории города можно получать новые контуры природно-хозяйственных образований, отличающихся различной степенью антропогенной нагрузки. Включение в качестве расчетных характеристик данные о выбросах в атмосферу, сбросах в природные воды позволяет рассчитать суммарные нагрузки по бассейнам и регулярно обновлять границы зон экологической напряженности. Динамичность характеристик выбросов, обусловленная как режимом работы предприятий, так и принимаемыми природоохранными мерами, даст возможность впоследствии контролировать состояние экологически напряженных зон в мониторинговом режиме.






Все это позволило создать новый картографический слой природно-хозяйственного районирования территории г. Вологды с определением зон экологической напряженности (рис. 4.1; цв. вклейка). Под природно-хозяйственным районированием понимается выделение географически

**Рис. 4.1. Природно-хозяйственные районы и зоны экологической напряженности г. Вологды**






**Условные обозначения**

**Природно-хозяйственные районы**

-  Промышленные, промышленно-аграрные, промышленно-рекреационные
-  Селитебно-промышленные
-  Селитебные, селитебно-аграрные
-  Аграрно-промышленные, садово-дачные
-  Рекреационные

**Зоны экологической напряженности:**

-  умеренной, связанной с плотной жилой застройкой
-  значительной, связанной с промышленностью
-  Границы зон экологической напряженности


 Линейные зоны экологической напряженности, вызванной загрязнением вод и донных осадков

**BIV** Индексы природно-хозяйственных районов

 Границы природно-хозяйственных районов

 Реки

 Водные объекты

 Граница города

обоснованных образований, в пределах которых взаимодействие природных и хозяйственных факторов обуславливает определенную экологическую обстановку и тенденции, влияющие на ее динамику.

В качестве исходных использовались следующие характеристики:

- рельеф;
- глубина залегания уровня грунтовых вод;
- принадлежность территории к тому или иному бассейну;
- дренированность территории (водный режим – проточный, полузастойный и застойный);
- антропогенные объекты различного назначения;
- водовыпуски промышленных, хозяйственных или хозяйственно-бытовых сточных вод в местную дренажную сеть, в том числе и в главные водотоки;
- источники загрязнения атмосферы;
- качественный и количественный состав поллютантов воздуха и природных вод, выбрасываемых в природную среду хозяйственными объектами города.

Сопоставление и совмещенный анализ указанных факторов позволили выделить районы с разными условиями самоочищения природных систем. При этом учитывались ландшафтно-геохимические особенности территории (проточность, дренированность, условия фильтрации подстилающих грунтов, рН среды и т.п.).

В пределах районизируемой территории, в соответствии с условиями рельефа, характером покровных отложений и уровнем залегания грунтовых определены три зоны:

А – зона моренных холмов (водораздельных пространств местных водосборов) и высоких террас рек Вологды и Тошни с абсолютными отметками более 130 м и превышением над меженным урезом воды р. Вологды более 20 м, удовлетворительным дренажем, активным поверхностным стоком и уровнем грунтовых вод ниже 3 м.

В – зона второй и третьей террас р. Вологды с абсолютными отметками 130–120 м, удовлетворительным и затрудненным поверхностным стоком и дренажем (в зонах вышоложенных, заболоченных пространств террасовых уступов, на участках выклинивания грунтовых вод) и активным дренажем на откосах и склонах террас рек Вологды, Тошни, Содемы. Уровень грунтовых вод 3–1 м.

С – зона высокой поймы и первой надпойменной террасы р. Вологды и ее притоков, линейно вытянутая на правобережье главной реки и обширная на левобережье, в междуречье рек Вологды и Сухоны. Территория характеризуется преимущественно повышенным уровнем грунтовых вод (менее 1 м), затрудненным дренажем. Водный режим – от периодически застойного до застойного. Подстилающие отложения представлены суглинистыми и супесчаными образованиями флювиального происхождения. Территория характеризуется густой сетью прудов и мелких озер; в естественных условиях она заболочена, с торфяно-болотистыми почвами и торфяниками. Условия естественного самоочищения природных вод и поверхностного стока существенно затруднены.

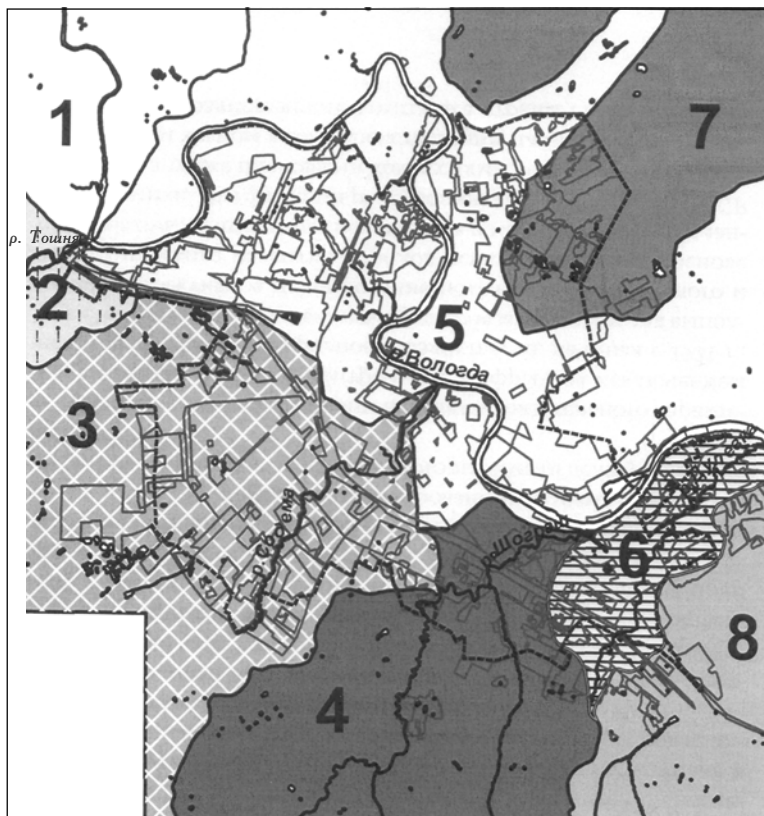
Следующий этап районирования определяется условиями формирования поверхностного, подземного стока и характером отведения загрязняющих веществ, поступающих в местную дренажную сеть. На этом основании выделены участки бассейнов рек в пределах территории города (рис. 4.2):

I – долина верхнего течения р. Вологды до слияния с р. Тошной, которая по объему годового стока практически близка к основному водотоку;

II – долина нижнего течения р. Тошни в пределах рассматриваемой территории – вплоть до устья;

III – бассейн нижнего течения р. Содемы – правого притока р. Вологды;





Рис. 4.2. Бассейны реки Вологды и ее притоков



Условные обозначения

Участки бассейнов рек в пределах городской территории:

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Долина верхнего течения р. Вологды до слияния с р. Тошней |
| 2 | Р. Тошня  |
| 3 | Р. Содема   |
| 4 | Р. Шограш   |
| 5 | Р. Вологда  |
| 6 | Р. Дулевка  |
| 7 | Склон котловины бассейнов рек Возмы и Сухоны              |
| 8 | Склон междуречья рек Вологды и Лосты                      |

- |   |                              |
|---|------------------------------|
|  | Граница городской территории |
|  | Водные объекты               |
|  | Реки                         |
|  | Границы жилой застройки      |

IV – бассейн нижнего течения р. Шограш – правого притока р. Вологды;

V – долины малых низкопорядковых притоков р. Вологды, склоны долины, примыкающие к основному руслу;

VI – большая часть бассейна р. Дулевки – правого притока р. Вологды;

VII – склон слабосточной заболоченной котловины бассейна рек Возьмы и Сухоны.

VIII – склон слабосточной заболоченной котловины междуречья рек Вологды и Лосты.

Основным принципом ландшафтно-экологического и природно-хозяйственного районирования в его природной составляющей принята дифференциация территории по условиям миграции природных и техногенных веществ, т.е. условиям рельефа, характеру гидрографической расчлененности территории, условиям увлажнения и естественного дренажа, с выделением автономных, полуавтономных (трансэлювиальных), элювиально-аккумулятивных, супераквальных и аквальных ландшафтных систем. Анализ пространственной геохимической дифференциации базируется на бассейновом подходе с выявлением направлений миграции и условий транзита и аккумуляции техногенных веществ.

Выделенная на карте естественная ландшафтная структура (зоны А, В, С) является основой для проведения природно-хозяйственного районирования с определением экологически напряженных зон. В результате совмещения границ бассейнов рек с границами трех уровней рельефа были получены контуры территорий, различных по способности к самоочищению. В пределах этих контуров определялось соотношение различных видов землепользования и их элементов на основе послойного наложения информации о природно-антропогенных объектах, промышленных источниках загрязнения, транспортной сети, зеленых зонах и т.д. (табл. 4.1).

**Таблица 4.1. Площади основных видов землепользования природно-хозяйственных систем (ПХС),  
в % от площади природно-хозяйственных районов**

Название ПХС	КОДЫ ПХС	Природно-хозяйственные районы																		
		АIII	АII	CVII	ВIII	CVI	BVI	AV	BV-1	CV-4	СIII	BV-2	СIV	CV-3	АIV	BIV	AVI	CV-1	CV-2	
		0	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	26	31	32	33	34	41	50	
Жилая застройка	1	42	5	3	36	3	0	46	30	48	41	88	54	78	43	64	56	10	2	
Промышленные зоны и хозяйственная застройка	2	31	52	35	37	52	42	41	23	27	24	4	18	3	10	6	23	0	0	
Садово-дачные участки	8	2	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	67	0	
Земли с/х	6	10	0	0	1	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	
Свалки	13	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Очистные сооружения	14	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Кладбища	12	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Леса, рощи	15	1	2	26	3	3	0	4	10	9	0	0	1	0	2	0	0	13	37	
Редколесья, забол.	16	1	21	30	7	17	25	6	20	5	0	0	8	3	23	9	5	5	9	
Зеленые насаждения	9	7	0	0	6	2	13	0	1	6	6	7	4	8	5	7	10	1	2	
Стадионы	10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
Луга	17	1	0	0	0	16	0	0	0	3	3	0	0	8	0	0	0	0	46	
Пустоши, неудобь	3	2	6	0	6	3	0	0	0	0	0	0	9	0	8	0	0	0	0	
Жд отчуждения	4	1	13	0	1	0	20	4	1	0	24	0	6	0	7	10	6	0	0	
Сх предприятия	5	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Сады	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	
Культурно-исторические объекты	11	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

АIII; АII; CVII и т.д. – индексы природно-хозяйственных районов.  
0, 11, 12, 13 и т.д. – машинные коды ПХР.



Наложение производилось послойно с электронных карт и позволило выделить комплекс районов, характеризующихся: различной структурой видов городского хозяйства, степенью хозяйственной нагрузки, объемом выбросов в атмосферу (т/год), объемом отведения сточных вод в дренажную систему реки.

В результате в пределах границ города было выделено 18 природно-хозяйственных районов (ПХР) с различной структурой природопользования, степенью хозяйственной нагрузки, различной экологической обстановкой. Детализация ПХР за пределами города не проводилась вследствие недостатка информации.

Экологически напряженные зоны в пределах ПХР выделялись на основе местных ландшафтно-геохимических особенностей территории бассейнов, условий стока, наличия естественных зон подтопления, переувлажнения и искусственных подпоров. На этом фоне учитывалось положение наиболее крупных промышленных объектов, основных транспортных магистралей, особенности застройки жилых массивов, наличие естественной растительности и зеленых насаждений, а также преобладающие направления ветров и особенности сезонной циркуляции атмосферы. Всего выделено: *5 зон значительной экологической напряженности*, связанных с воздействием промышленных и хозяйственных факторов и слабым потенциалом природной системы к самоочищению; *4 зоны умеренной экологической напряженности*, связанные с коммунальными и социально-бытовыми факторами, отсутствием ливнеотводной сети, воздействием котельных и автотранспорта при локальном участии единичных хозяйственных и промышленных объектов. Кроме того, *выделены линейные зоны экологической напряженности* вдоль основных рек с загрязненными водами и донными осадками, подверженные существенной техногенной трансформации. Совместив карту со слоем «транспортная сеть»,

можно получить линии экологической напряженности вдоль крупных трасс. Железнодорожные пути, проходящие по территории города, и основные автомагистрали показаны на рис 4.3 (см. с. 151).

Таким образом, путем наложения электронных слоев хозяйственной и природной тематики получен машинный вариант карты «Природно-хозяйственные районы и зоны экологической напряженности г. Вологды» (см. рис. 4.1). Впоследствии этот вариант может быть трансформирован в автоматизированном режиме в самостоятельный слой «Ландшафтно-геохимическая структура территории».

Примененная технология позволяет получить вариант синтетической карты любого назначения в зависимости от целевой установки.

#### **4.2. Краткая характеристика природно-хозяйственных районов и структура экологических проблем внутри них**

Анализ природной составляющей природно-хозяйственного районирования территории города подтверждает известную физико-географическую концепцию о том, что Вологда лежит на стыке двух разнотипных ландшафтов – Вологодско-Грязовецкого возвышенного моренного, перекрытого с поверхности комплексом перигляциальных покровных суглинков, и Присухонского низменного озерно-ледникового. Граница между этими ландшафтными районами проходит по территории города [68].

Присухонский ландшафт представлен двумя местностями: днищем и склонами р. Вологды, которые относятся к зоне С (см. п. 4.1).

Здесь развиваются гидроморфные ландшафты с влажными осоковыми лугами, закустаренными ивой, на дерново-глеевых аллювиальных почвах и торфянисто-глеевых почвах, сформировавшихся на супесчано-илистом и суглинистом аллювии, подстилаемом озерно-ледниковыми и озерно-аллювиальными отложениями. В ландшафтно-

геохимическом отношении гидроморфные ландшафты, преимущественно супераквальные, характеризуются наличием ландшафтно-геохимических барьеров и являются своеобразными естественными фильтрами на пути водной миграции техногенных продуктов (в первую очередь, тяжелых металлов), принимая на себя в пределах города основную техногенную нагрузку со стороны склонового и грунтового стока. Легкий механический состав подстилающих почв обуславливает сильную уязвимость луговых комплексов при вытаптывании.

Более высокий уровень террасовой группы урочищ отнесен к зоне В. Эта группа занимает в пределах города значительные пространства и представляет собой сочетание неиспользуемых земель на узких речных надпойменных террасах и крупноконтурных фрагментов озерно-ледниковых террас. В естественных условиях, с удовлетворительным дренажем здесь развиваются разнотравно-злаковые дуга на дерновых, иногда оподзоленных почвах.

В то же время на первой озерной террасе условия увлажнения не одинаковы. В районе п. Кувшиново они удовлетворительны. Здесь территория занята хвойным лесом на средне- и сильноподзолистых почвах, супесчаных, залегающих на озерно-ледниковых суглинках и супесях. В Заречной части города и его восточной периферии та же терраса представлена болотами и переувлажненными травяными мелколиственными лесами (в неосвоенной части) с торфяно-глеевыми и торфяно-болотными почвами, экологическая роль которых аналогична супераквальным ландшафтам пойменных ландшафтно-геохимических систем. Удаление техногенных продуктов из них затруднено вследствие затрудненного дренажа и ограниченного городской инфраструктурой (сетью шоссейных и железных дорог и т.п.) поверхностного стока, а также окислительно-восстановительного гидрохимического режима почв. Это обуславливает их экологическую уязвимость.

Вторая озерная терраса занимает наибольшую площадь по сравнению с другими ПТК в пределах города. Это историческая часть города (Центральная и Заречная), районы Лукьянова и Куролита, льнокомбината, Лосты, Прилук, старого аэропорта, Пудеги, Чашникова, Подберезовского. Она сложена озерными супесями и суглинками на комплексе озерно-ледниковых отложений. В естественных условиях занята злаковыми лугами, мелколиственными лесами и болотами на дерновых, дерново-подзолистых и болотных почвах. Экологическую ситуацию на этой территории осложняют, в силу затрудненного дренажа и низкого потенциала самоочищения, обширные массивы болот (между Ленинградским шоссе и ул. Клубова, Куролит, северо-восток пригородной зоны). Однако они придают своеобразный колорит городскому пейзажу.

Более высокие уровни озерно-ледниковых террас (третьей и четвертой, цокольной) залегают на карбонатной морене, они заняты разнотравно-злаковыми лугами на плодородных дерновых почвах и характеризуются лучшими условиями самоочищения.

Вологодско-Грязовецкий ландшафт с абсолютными отметками более 130 м относится к зоне А и представлен в пределах города и пригородах вершинно-водораздельной волнистой мореной, местами переувлажненной, осложненной комплексами долин малых рек, водосборных понижений с разнотравно-злаковыми лугами, еловыми и березовыми лесами на дерново-подзолистых и дерновых почвах. Условия естественного самоочищения здесь наиболее благоприятны.

Природно-хозяйственные районы, выделенные на карте и характеризующиеся различными типами и сочетаниями природных комплексов (это отражено в индексе, присвоенном каждому из них), различаются также хозяйственной спецификой – в зависимости от структуры и охватываемой площади хозяйственного воздействия

(см. табл. 4.1). Выделены преимущественно промышленные районы в бассейнах рек Тошни (АII) и Дулевки (CVI, BVI), в долине р. Содемы (Золотухи) (BIII), селитебно-промышленные и селитебные – в долине р. Шограш (BV-2), с плотной жилой застройкой (CV-3), селитебно-рекреационные и рекреационные (CV-2), а также садово-дачные – в долине р. Вологды (CV-1) и т.п. Эти районы характеризуются различным количеством поступающих в окружающую среду загрязняющих веществ, выброшенных промышленными предприятиями, расположенными в границах выделенных районов или по соседству с ними, различными объемами отведения сточных вод в местную дренажную сеть. Все это на фоне разнородной ландшафтной обстановки определяет неодинаковую степень антропогенного прессинга на природные системы, а количественный анализ этого давления дает возможность установить степень экологической напряженности на данной территории.

В результате послойного анализа состояния природных и хозяйственных элементов территории была составлена серия электронных карт, отражающих многопараметрические характеристики состояния территории природно-хозяйственных районов. Эта серия включает в себя: динамические карты загрязнения почв, снежного покрова, атмосферы; долю жилой застройки в общей площади ПХР, долю промышленной застройки, долю зеленых насаждений в ПХР; среднюю удельную долю природно-хозяйственных систем, связанных с тем или иным типом землепользования в пределах ПХР, и среднюю долю площади ПХР в общей площади города. Эти данные по перечисленным параметрам вводятся в атрибутивные таблицы (в кв. км и в %), например, см. таблицу 4.1.

Для определения удельной степени антропогенной нагрузки по основным параметрам экологического воздействия установлены соотношения суммарных площадей

зеленой зоны города и площади жилой застройки, а также площади зеленой зоны и площади жилой и промышленной застройки.

Анализ составленной серии электронных картографических слоев позволил получить комплексную многопараметрическую характеристику выделенных в пределах территории города 18 природно-хозяйственных районов. Все полученные данные по антропогенной нагрузке и потенциалу естественного самоочищения были сведены в комплексную оценочную таблицу, что позволило дать более объективную и детальную характеристику экологического состояния территории города по ПХР и бассейнам рек (табл. 4.2).

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация складывается в бассейнах рек Золотухи (Содемы), Дулевки, Тошни, Возьмы, где расположены промышленные районы с плотной жилой застройкой и автодорогами [коды ПХР (см. рис. 4.1) – 11, 12, 14, 15, 0, 13, 24 и индексы ПХР (см. табл. 4.1) – АII, BVI, BIII, CVII, CVI, CIII]; достаточно напряженная ситуация наблюдается в бассейне р. Вологды, где расположены районы с плотной жилой застройкой, высокой автотранспортной нагрузкой и достаточно большим числом промышленных предприятий [коды ПХР – 22, 23 (см. рис. 4.1.); индексы ПХР – CV-4, BV-1 (см. табл. 4.1)].

Введение в таблицы количественных атрибутов параметров, характеризующих различные природно-хозяйственные районы, позволило перейти к построению в автоматизированном режиме специальных электронных карт, позволяющих оценивать степень антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения природно-техногенных систем. Наиболее значимыми являются такие показатели, как:

⇒ площадь, занимаемая каждым из типов хозяйственных систем;

**Таблица 4.2. Расчет индекса антропогенной нагрузки ( $I_{ан}$ )  
и индекса самоочищения ( $P_{самооч.}$ ) для природно-хозяйственных районов**

№ ПХР	Коды ПХР	в	а	ln а	Коэффициенты суммарного загрязнения $K_i$					Логарифмы $K_i$					$I_{ан}$	$W_p$ незагр. стока млн. м <sup>3</sup> /год	$P_{самооч.}$
					$K_{с1}$	$K_{с2}$	$K_{с3}$	$K_n$	$K_{атм}$	ln $K_{с1}$	ln $K_{с2}$	ln $K_{с3}$	ln $K_n$	ln $K_{атм}$			
1	11	0,77	2	0,69	2,6	3,2	1,7	4,1	2	0,96	1,16	0,53	1,41	0,69	5,45	7,5	1,38
2	24	0,89	2,2	0,79	2	1,9	1,8	5,1	2	0,69	0,64	0,59	1,63	0,69	5,03	2,4	0,48
3	13	0,76	2	0,69	1,9	1,9	1,8	3,8	16	0,64	0,64	0,59	1,34	2,77	6,67	43,8	6,56
4	0	0,88	2,1	0,74	2,1	2,5	3,1	4,7	11,9	0,74	0,92	1,13	1,55	2,48	7,56	37,6	4,98
5	26	0,78	2	0,69	1,8	1,8	1,8	2	1,6	0,59	0,59	0,59	0,69	0,47	3,62	13,8	3,81
6	33	0,84	2	0,69	1,8	2	2	2	2	0,59	0,69	0,69	0,69	0,69	4,05	9,7	2,39
7	32	0,6	1,7	0,53	2	1,9	1,8	5,1	2	0,69	0,64	0,59	1,63	0,69	4,78	12,7	2,66
8	41	0,82	1,8	0,59	1,9	2,1	2,1	2	2	0,64	0,74	0,74	0,69	0,69	4,10	7,7	1,88
9	50	0,04	1,03	0,03	2	2,4	3,2	2,2	2	0,69	0,88	1,16	0,79	0,69	4,24	62,6	14,75
10	31	0,81	2	0,69	2,3	2,1	1,9	6,1	2	0,83	0,74	0,64	1,81	0,69	5,41	9,6	1,77
11	23	0,75	2	0,69	2	2,2	2,4	6,9	29,3	0,69	0,79	0,88	1,93	3,38	8,36	84,2	10,07
12	22	0,67	1,9	0,64	2	1,9	1,8	4,6	14,7	0,69	0,64	0,59	1,53	2,69	6,78	102,3	15,09
13	25	0,42	2,1	0,74	2,3	2,2	2,7	4,8	2	0,83	0,79	0,99	1,57	0,69	5,62	2	0,36
14	21	0,4	2,2	0,79	1,8	1,8	2	5,4	2	0,59	0,59	0,69	1,69	0,69	5,04	1,1	0,22
15	14	0,58	1,93	0,66	2,6	3,2	1,7	4,1	49,2	0,96	1,16	0,53	1,41	3,90	8,61	48,1	5,58
16	15	0,62	1,87	0,63	2,15	2,5	3,3	2,5	82	0,77	0,92	1,19	0,92	4,41	8,82	6,7	0,76
17	34	0,85	2,1	0,74	2	2	1,7	3	1,9	0,69	0,69	0,53	1,10	0,64	4,40	10,3	2,34
18	12	0,43	1,69	0,52	1,9	2,3	2,2	2,6	17,3	0,64	0,83	0,79	0,96	2,85	6,59	89,5	13,57

Примечание: в – нормированная площадь объекта воздействия;

а – нормированная величина расчетного параметра загрязнения;

$K_{с1,2,3}$  – коэффициенты суммарного загрязнения снеговых вод по органическому веществу;

$K_n$  – коэффициент суммарного загрязнения почв;

$K_{атм}$  – коэффициент суммарного загрязнения атмосферы;

$W_p$  – годовой объем незагрязненного стока, млн. м<sup>3</sup>/год.

⇒ соотношение площадей, занимаемых природными и хозяйственными системами в границах водосборных бассейнов, определенных нами в качестве элементарных функциональных единиц данного районирования;

⇒ площадь, занимаемая каждым из типов хозяйственных систем;

⇒ соотношение площадей ландшафтных систем, играющих роль своеобразных экологических фильтров (например, замкнутых депрессий, болот и т.п.), и общей площади района;

⇒ валовые годовые объемы выбросов в атмосферу и природные воды;

⇒ характер загрязнения почв, природных вод, донных осадков и снега, выявленный на основе площадных геохимических исследований, выполненных Вологодским государственным педагогическим институтом в 1994 и 1995 гг. [68].

При территориальном количественном анализе возможно введение и других значимых параметров, которые определенным образом влияют на состояние природной среды данной территории.

### **4.3. Карты антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения природной среды г. Вологды**

#### *4.3.1. Особенности поликомпонентного геоэкологического анализа*

В п. 4.1 изложены принципы многослойного анализа картографической информации в целях создания карт современного экологического состояния и выделения экологически напряженных зон. Были перечислены слои и этапы проводимого анализа, выделены природно-хозяйственные системы, установлены их границы и площади. Главная проблема заключается в том, что при поликомпонентном количественном анализе используются разнообразные параметры, связанные:



- с неоднозначностью воздействия по площади;
- его неодинаковой интенсивностью;
- различным качественным характером воздействия;
- неоднозначной реакцией элементов природной среды на внешнее воздействие.

При наличии на территории разных отраслей производства, во-первых, очень трудно оценивать степень их многокомпонентного воздействия с помощью его унификации в единый показатель, который должен характеризовать как качественные, так и количественные аспекты этого воздействия. Существуют различные подходы [72] к такой оценке: введение условных баллов опасности воздействия, поправочные коэффициенты на определенный средний уровень воздействия на среду одной из ведущих отраслей хозяйства, а также нормирование по «фону». Последнее подразумевает статистическую оценку некоторого среднего уровня ( $X$ ) воздействия на хозяйственно освоенную территорию (за пределами зон с экстремальными воздействиями) с последующим сравнением конкретных исследуемых территорий и конкретных антропогеосистем с этим средним уровнем ведущего показателя по формуле:

$$a_i = \frac{X_i}{X}, i = 1, 2, \dots, n,$$

где:  $a_i$  – удельный нормированный по фону показатель антропогенного воздействия по конкретному параметру (например, по плотности населения);

$X_i$  – конкретное расчетное значение параметра;

$X$  – средний уровень параметра на заданной площади.

Таким образом, мы имеем возможность оценить, во сколько раз данный вид воздействия данной отрасли на природную среду данной территории выше или ниже среднего (оптимального) уровня.

В дальнейшем такой подход позволит нам определенным образом суммировать и сопоставлять полученные показатели различных типов воздействия как равнозначные.

Во-вторых, трудность заключается и в выборе наиболее значимого обобщающего показателя воздействия (загрязнения), типичного или общего для определенной или широкой группы отраслей хозяйства, выделяемых на картах антропогенных географических систем или природно-хозяйственного районирования.

При системном анализе следует определить ту среду или комплекс географических сред, на которые осуществляется воздействие (природные воды, и/или почвы, и/или растительный покров, и/или атмосферу). При составлении целевых (тематических) экологических карт часто возникает необходимость оценки состояния, например, только водных объектов, качества поверхностных вод, степени нагрузки на почвы и т.п. В таком случае выбирается ограниченный набор параметров, которые характеризуют конкретный, наиболее распространенный тип воздействия. Так, для густонаселенных районов с развитым коммунальным хозяйством, где в природные воды поступает значительное количество органического вещества, в качестве оценочных параметров можно использовать БПК и ХПК и их соотношение, коли-индекс, концентрацию нефтепродуктов, фенолов, нитратов, фосфатов и др. в долях ПДК.

Третья трудность – принцип определения границ зоны воздействия. С одной стороны, это критерии выделения антропогеосистем по границам землепользования и динамическим границам устойчивых техногенных потоков. А с другой стороны, есть еще один критерий – выделение водосборных бассейнов, в пределах которых размещаются антропогеосистемы. В практике такой подход дает возможность решать целый спектр проблем, связанных со стоком, переносом загрязняющих веществ, геохимическими процессами в пределах связанных между собой систем геохимических ландшафтов (т.е. потоков миграции вещества).

### *4.3.2. Количественная территориальная оценка комплексного экологического состояния территории*

Количественная оценка интенсивности антропогенной нагрузки ( $I_{ан}$ ) базируется на наборе параметров, характеризующих наиболее широко распространенные на данной территории типы хозяйственного воздействия [45]. Выражение для общего индекса антропогенной нагрузки имеет вид:

$$I_{ан} = \sum_{i=1}^{i=n} \ln (i_i + 1),$$

где:  $i_i$  – индекс нагрузки от конкретного типа воздействия (промышленности, с/х объектов, селитьбы, транспорта), определяемый по формуле:

$$i_i = ab,$$

где:  $a$  – нормированная величина (по фону, по среднему значению, по ПДК и т.п.) введенного параметра (например, концентрация вещества в воде или почве, плотность населения, валовые объемы выбросов в атмосферу и т.п.);

$b$  – площадь проявления воздействия в км<sup>2</sup> (или нормированная площадь).

Возможно введение в предлагаемую формулу и других интегральных показателей, таких, как соотношение площадей природных и антропогенных систем в пределах исследуемой функциональной природно-хозяйственной единицы. В нашем анализе, на примере г. Вологды, мы используем в качестве таковой водосборный бассейн порядка, соответствующего масштабу исследований. В таблице атрибутов для каждого бассейна приведены площади:

- бассейна в целом;
- хозяйственных систем и промышленных зон;
- жилой застройки;
- рекреации (парков, лесов, скверов);
- заболоченных депрессий.

Выбор факторов, определяющих потенциал самоочищения системы в различных ландшафтных условиях, может быть неодинаков и определяться на основе ланд-

шафтного и ландшафтно-геохимического районирования территории. При многофакторном анализе индекс самоочищения включает комплекс факторов, значения которых также нормируются по фону с учетом площади развития данного фактора и его количественной характеристики. Поэтому в общем виде формула индекса естественного самоочищения будет иметь следующий вид:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(\Psi_i + 1)}{I_{ан}}, i=1, 2, \dots, n,$$

где: P – индекс естественного самоочищения;

$\Psi_i$  – нормированная величина фактора самоочищения.

Физический смысл получаемого показателя – количество условных единиц интегрального показателя самоочищения (объединяющего набор определяющих факторов), приходящихся на единицу индекса суммарной антропогенной нагрузки.

Вот упрощенный вариант расчета для оценки условий самоочищения поверхностных вод в конкретном водосборном бассейне:

$$P = \frac{\text{сток с бассейна (млн.м}^3/\text{год)}}{I_{ан} \times 10^6}.$$

Величина индекса естественного самоочищения обычно варьирует от  $n \cdot 10^{-2}$  в пределах антропогенного напряжения бассейнов до 10 n на незагрязненных территориях с высокой величиной годового стока. Данный показатель наряду с  $I_{ан}$  достаточно информативен при прогнозной оценке развития экологической ситуации на конкретной территории.

Для г. Вологды определены:

– соотношения площадей каждой из территориальных антропогенных географических систем и общей площади бассейна (характер хозяйственной специфики бассейна);

— соотношения между природными и техногенными системами (характер естественной устойчивости природно-антропогенной системы в целом);

— количество источников отведения сточных вод и валовые объемы водоотведения в год, их геохимическая специфика;

— количество источников загрязнения атмосферы и валовые годовые выбросы поллютантов в атмосферу (установлены эпицентры максимальных выбросов);

— площадные и линейные геохимические аномалии по почвам и снегу.

Перечисленные слои и их атрибутивные характеристики дают основу для количественных расчетов индекса антропогенной нагрузки по каждому из выделенных бассейнов (см. табл. 4.2).

На базе совместного анализа распределения вышеперечисленных характеристик были составлены карты антропогенной нагрузки и естественного самоочищения природных систем (рис. 4.3, 4.4).

#### *4.3.3. Современная и прогнозная оценка территории с использованием карт динамики состояния природных и хозяйственных элементов в целях обеспечения экологической безопасности населения*





На основе разработанной карты природно-хозяйственного районирования территории с количественной характеристикой индекса антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения конкретизируется местоположение зон экологической напряженности. Если решается оценочная задача экологической безопасности, многофакторного взаимодействия природных и хозяйственных элементов, то они должны рассматриваться в аспекте ответной реакции биоты и человека на внешнее воздействие. Если в качестве параметра ответной реакции мы используем показатель состояния здоровья человека, то необходимы создание соответствующих карт заболеваемости



Рис. 4.3. Распределение индекса антропогенной нагрузки ( $I_{ан}$ ) по природно-хозяйственным районам на территории г. Вологды



Условные обозначения

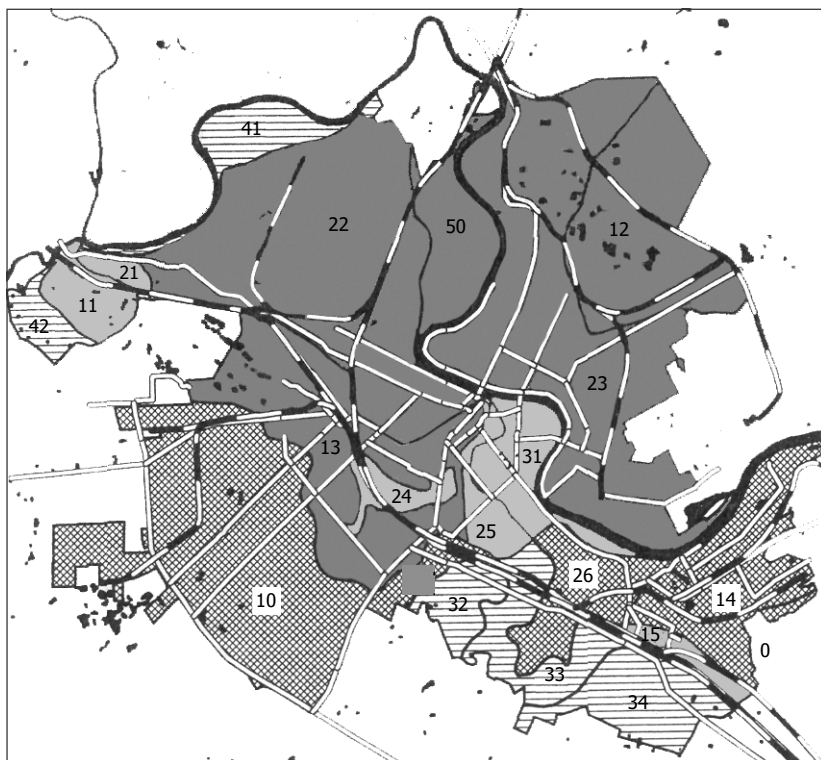
Индекс антропогенной нагрузки ( $I_{ан}$ )

-  Низкий (менее 4,24)
-  Умеренный (4,24 - 5,62)
-  Высокий (5,62 - 7,56)
-  Очень высокий (7,56 - 8,82)

-  Автодороги
-  Железные дороги





Цифрами обозначены коды природно-хозяйственных районов (см. табл. 4.1).


Рис. 4.4. Распределение потенциала самоочищения ( $P_{\text{самооч.}}$ ) по природно-хозяйственным районам на территории г. Вологды



Условные обозначения

Потенциал самоочищения ( $P_{\text{самооч.}}$ )

-  Низкий (менее 1,88)
-  Умеренный (1,88 – 3,81)
-  Высокий (3,81 – 6,56)
-  Очень высокий (6,56 – 15,2)

-  Автодороги
-  Железные дороги

Цифрами обозначены коды природно-хозяйственных районов (см. табл. 4.1).

населения и проведение анализа. На следующем этапе требуется выполнить анализ с целью обнаружения связей между степенью экологической напряженности и различными типами заболеваний. Обычно проводится пространственный сопоставительный анализ, что в целом дает возможность лишь качественно оценить наличие или отсутствие той или иной зависимости. Прогнозные карты строятся на основе тенденций, устанавливаемых для каждого района с помощью ряда карт динамики различных состояний.

Вводимые в таблицу атрибутов площадные характеристики являются базовой основой, которая используется для расчета индексов  $I_{ан}$  и  $P$ . Изменение величин этих параметров происходит:

а) в результате изменения площади хозяйственных систем;

б) в результате изменения величин параметров, используемых для расчета  $I_{ан}$  и  $P$  (объемы отведения сточных вод, снижение токсичности или коэффициента суммарного загрязнения в сточных и природных водах, снижение валовых выбросов в атмосферу, увеличение площади зеленых насаждений, изменение объемов годового стока главных водотоков в результате инженерных гидротехнических мероприятий и т.п.).

Получаемые в результате пересчета новые значения  $I'_{ан}$  и  $P'$ ,  $I''_{ан}$  и  $P''$  и т.п. практически дают возможность прогнозировать относительную величину улучшения или ухудшения экологической ситуации. Это хорошо видно из следующего примера: на территории бассейна ликвидирована свалка, сокращен объем отведения сточных вод. Как следствие – изменяется (снижается) величина  $I_{ан}$ . При тех же условиях самоочищения повысится величина показателя  $P$ , т.е. на территории улучшится экологическая обстановка.



Динамические карты, составляемые по валовым годовым объемам отведения сточных вод (в км<sup>3</sup> и тоннах), выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (в тоннах), позволяют оперативно рассчитывать динамику прогнозных показателей, т.е. количественно оценивать улучшение или ухудшение экологической обстановки на территории.

В то же время специфика отведения сточных вод заключается в том, что предприятия, источники загрязнения, находятся на различном удалении от мест водовыпусков. Следовательно, потенциальное загрязнение будет распространяться в тех ПХР, где расположены водовыпуски. Таким образом, относительно слабо антропогенно нагруженный район может оказаться в категории ПХР с неблагоприятными экологическими условиями, например 33, 41 районы и т.д. (см. рис. 4.3).

Используя приведенную выше методику расчета, мы получили величину суммарной антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения по каждому ПХР. Величина антропогенной нагрузки ( $I_{ан}$ ) колеблется в пределах от 3,6 до 8,8, потенциал самоочищения ( $P_{самооч.}$ ) – от 0,2 до 1,1 (см. табл. 4.2). В качестве критерия оценки естественного самоочищения нами принято отношение объема незагрязненного стока в тыс. куб. м/год с каждого ПХР к единице антропогенной нагрузки. Как показывают расчеты, доля незагрязненного стока в ПХР колеблется в пределах от 8 до 96% общего объема стоков в ПХР. Таким образом, загрязненная часть стока от промышленности, сельхозбы и других хозяйственных объектов обуславливает рост антропогенной нагрузки, а незагрязненная – самоочищение, увеличение его потенциала.

В расчет общей формулы антропогенной нагрузки в качестве параметра «а» включены не только количественные характеристики воздействия хозяйственных систем, но и характеристики загрязнения почв  $K_{п}$ , снега  $K_{с1}$ ,  $K_{с2}$  и  $K_{атм}$ .

Полученные на основе расчета интегральные значения индекса антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения были разделены по результатам кластерного анализа на группы в зависимости от интенсивности:

- антропогенная нагрузка незначительна или близка к 2,0;
- слабая 2,0 – 4,4;
- умеренная 4,4 – 6,2;
- очень сильная > 7,6.

Аналогично рассчитана шкала потенциала естественного самоочищения:

- очень низкий 0 – 0,76;
- низкий 0,76 – 1,88;
- удовлетворительный 1,88 – 3,81;
- хороший 3,81 – 6,56;
- очень хороший 6,56 – 15,09.

При составлении прогнозных вариантов карт на базе оперативных данных об изменениях частных параметров (см. табл. 4.2) становится возможной оценка эффективности выбранных путей экологических решений.

## **ГЛАВА 5**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАК СОСТАВЛЯЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ БЛОКА ОБНОВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ГИС ЭКОЛОГИИ**

#### **5.1. Место экологического мониторинга в ГИС экологии и его специфика**

Экологический мониторинг как система, решающая многопараметрические задачи, обычно существует самостоятельно, выполняется различными ведомствами и службами и находит отражение в базах данных ГИС в виде отдельных документов, характеризующих состояние элементов природных систем или сред на определенный период или срок наблюдений. Вместе с этим разработка карт специального природно-хозяйственного районирования, экологически напряженных зон и т.п. дает возможность управлять программой экологического мониторинга, вырабатывать комплексы задач, регламент контроля и его дискретность с учетом пространственной специфики. Поэтому становится целесообразным включение экологического мониторинга в качестве составляющего элемента блока обновления информации ГИС экологии. Такой подход отнюдь не исключает существование самостоятельных и ведомственных программ контроля за состоянием окружающей среды. Он лишь регламентирует и минимизирует информационные потоки для решения задач по комплексной оценке экологической ситуации на изучаемой территории.

В данную программу могут включаться наблюдения и измерения нетрадиционных циклов с определением специфических параметров, например, загрязнения почв, снега, природных вод, воздуха, состояния растительного покрова, зеленых насаждений парков и скверов, видового разнообразия флоры и фауны города и т.п. «Управляющие» карты специального районирования и зонирования дают возможность разрабатывать самостоятельные программы контроля для каждой из выделенных экологически напряженных зон или территорий особых экологических приоритетов (зон отдыха, культурного наследия и национального достояния).

В то же время в спектре мониторинговых задач ГИС экологии позволяет, в определенной степени, централизовать информационные потоки в направлении службы, ориентированной на решение комплексных оценочных экологических задач, которыми отдельные ведомства и организации не в состоянии заниматься в силу их отраслевой специфики или недостатка квалифицированных специалистов. Таким образом исключается также излишнее дублирование задач, решаемых отдельными службами.

Программы мониторинга состояния окружающей среды, как правило, многоплановы и обширны. Они имеют территориальную и отраслевую специфику, информационные потоки перенасыщены. Их смысловая задача – представление первичной информации лицам, принимающим решения [37].

Однако органам, ответственным за принятие решений, этого обычно недостаточно. Им нужна документация обобщающего характера, проанализированная и систематизированная в удобной для пользователя форме. Такую задачу в силах решить ГИС экологии, в организационной структуре которой должен предусматриваться специальный «мозговой центр», состоящий из специалистов

высокой квалификации, способных проводить с использованием технических средств соответствующий анализ и синтез первичных информационных документов, доводя информацию до уровня понятной и удобной для пользователя выходной продукции.

## **5.2. Информационное обеспечение блока обновления информации (БОИ)**

### *5.2.1. Требования к информации*

База статистических данных ГИС экологии не только инструмент, с помощью которого можно выполнять поликомпонентный географический анализ современного состояния территории, но и такой «шаблон», с каким можно сопоставлять или сравнивать наблюдаемые на конкретный момент ситуации. То есть БД ГИС является той основой, от которой можно начинать сравнительный экологический анализ «хуже – лучше», обрабатывая данные экологического мониторинга.

Система экологического мониторинга использует и существующие в настоящее время потоки географо-экологической информации и создает собственные источники, работающие по собственной схеме, обеспечивающей соответствующую структуру задач, комплекс параметров и регламент поступления информации. Речь идет о создании службы, которая объединяла бы интересы владельцев информации и ее потребителей, в том числе и лиц, принимающих решения по выполнению комплексных экологических и частных (даже инженерных) задач.

Блок обновления информации (БОИ) должен стать, с одной стороны, составляющей частью проекта региональной системы экологического мониторинга, с другой – входить в качестве необходимого элемента в систему ГИС экологии. Последняя выбирает, хранит и обновляет лишь часть поступающей информации и, сравнивая ее с базовыми данными, определяет тенденции со знаком

«+» или «-» в тех или иных экологически напряженных зонах, дает основу для выработки вариантов управленческих решений.

Подобные схемы разрабатываются в различных регионах России и, с учетом местной специфики, нередко акценты смещаются в области земельного кадастра, решения водохозяйственных задач или возможного риска чрезвычайных ситуаций. Нам представляется, что ГИС экологии не должна принимать в свою функциональную структуру информационное обеспечение решения любых или всех проблем природно-географического и социального характера, а ей следует сосредоточиться исключительно на задачах обеспечения экологической безопасности населения. При этом ГИС экологии должна быть не только источником и синтезатором информации, но и выполнять функции аналитического органа, разрабатывающего варианты управленческих решений в области экологической безопасности. Следовательно, в структуру задач, параметров и регламента контроля необходимо включать элементы, касающиеся только этой сферы.

### *5.2.2. Принципы организации сети экологического мониторинга*

Организация сети экологического мониторинга должна основываться, в первую очередь, на действующих в настоящее время системах контроля, предусмотренных существующим законодательством. Это относится и к сети ведомственного контроля, в том числе санитарно-эпидемиологического. Задача создания экологической службы города тесно связана с разработкой концепции экологического мониторинга. Этот процесс обычно разделяется на несколько этапов. На первом этапе разрабатывается информационная часть мониторинга на основе анализа современного экологического состояния. Карта экологически напряженных зон дает возможность конкретизировать локализацию пунктов контроля:

- по характеру размещения промышленности, сели-  
тебных и рекреационных зон;
- загрязнения природных сред (воды, воздуха, почв);
- динамики и тенденций природных и техногенных  
процессов в выделенных природно-хозяйственных райо-  
нах или зонах экологической напряженности;
- функциональных особенностей и социальной зна-  
чимости выделенных районов: в зонах рекреации, торгов-  
ли, производства, памятников истории и культуры, жи-  
лой застройки и т.п.

Вместе с тем локализация пунктов должна коорди-  
нироваться с существующей системой ведомственного  
контроля и его интересами:

- по предприятиям – с пунктами сбора данных по  
форме 2ТП «Водхоз» и 2ТП «Воздух»;
- с расположением мест отбора проб городским  
санитарно-эпидемиологическим надзором;
- с программой наблюдений за водным режимом в  
контрольных створах системы Минводхоза;
- с возможностью получения характеристик качества  
здоровоохранения в детских учебных и лечебных учрежде-  
ниях (по педиатрическим участкам);
- в учреждениях и системах Минздрава и отдельных  
ведомств;
- в управлении лесами;
- в управлении рыболовством;
- в управлении охотничьим хозяйством;
- в управлении геологией и использованием недр;
- в областном центре метеорологии и мониторинга  
окружающей среды;
- в комитете по охране окружающей среды и природ-  
ных ресурсов;
- в комитете по земельным ресурсам и землеустрой-  
ству;
- в территориальном комитете по водному хозяйству.

Сеть организации мониторинга должна быть отражена на соответствующей электронной карте в виде самостоятельного слоя с атрибутивной характеристикой:

- ⇒ ведомственной принадлежности пункта контроля;
- ⇒ контролируемого объекта и его кодового номера;
- ⇒ состава контролируемых параметров;
- ⇒ периодичности (регламента) контроля.

Для ГИС экологии города Вологды в первую очередь были созданы слои, отражающие результаты ведомственного мониторинга:

- положение основных пунктов водоотведения в местную гидросеть, объемы и структура сбрасываемых загрязненных вод (2ТП «Водхоз»);
- места расположения существующих промышленных предприятий, объемы и структура выбросов в атмосферу (2ТП «Воздух»).

В дальнейшем следует расширить спецификацию пунктов мониторинга на основе вышеизложенных принципов. При этом необходимы согласованность и координационные решения владельцев информации и заинтересованных лиц и организаций.

Для достоверного анализа конкретных экологических или чрезвычайных ситуаций не всегда бывает достаточно информации, получаемой от существующих стационарных пунктов водного и атмосферного мониторинга. Этому может быть ряд причин, обусловленных следующими как субъективными, так и объективными факторами:

- ⇒ несовпадение во времени проведенных в различных пунктах измерений;
- ⇒ несовпадение перечня контролируемых параметров;
- ⇒ несоразмерность аналитических возможностей различных ведомственных лабораторий, их технического обеспечения, ведомственный прессинг, престиж, заинтересованность в сокрытии фактов чрезвычайных событий (аварийных сбросов, несоблюдения экологических норм и т.п.);



⇒ недостаточное или полное отсутствие соответствующего финансирования системы экологического контроля в отдельных организациях;

⇒ несоблюдение стандартов и методик пробоотбора и т.п.

Все это увеличивает статистическую дисперсию полученной информации и снижает ее достоверность. Сложность анализа и интерпретации контролируемых ситуаций состоит еще и в том, что для техногенных систем, в отличие от природных, типична большая амплитуда изменений характеристик данных по сравнению со средними величинами. Наложённые на этот фон технологические ошибки не только снижают достоверность интерпретации, но и могут сделать ее практически невозможной. Мы неоднократно сталкивались с подобной проблемой.

Помимо установленных (рекомендованных) стационарных пунктов контроля качества природных сред в системе ГИС экологии должна быть предусмотрена программа специальных исследований, основанных на принципах синхронности наблюдений при небольшом объеме работ. Синхронность повышает достоверность получаемых данных, упрощает контроль и анализ. Такие исследования по геохимической характеристике почв и снега, лишеноиндикации насаждений парков и скверов в Вологде уже проводились Вологодским государственным пединститутом [68]. В системе мониторинга подобные работы должны быть предусмотрены. На основе полученной по результатам исследований информации о геохимии почв и снеговых вод мы составили геохимические карты состояния окружающей среды, связанного с загрязнением атмосферы. В качестве косвенных показателей были использованы параметры геохимического состояния снежного покрова и верхних горизонтов почв. Эти данные позволяют определить ряд геохимических аномалий на территории города.

Исследования в системе мониторинга должны основываться на следующей структуре его задач:

В области использования воздействующих факторов:

— изучение площадных характеристик – выявление геохимических и других аномалий в зонах влияния крупных объектов;

— изучение локальных и линейных объектов – отдельных пунктов, автомобильных и железных дорог, магистральных трубопроводов, рек, водотоков, каналов;

— изучение экологической ситуации (состав и характер загрязнения атмосферы, природных вод) на основе прямых признаков;

— получение информации (о геохимии верхнего слоя почв, снега) на основе косвенных признаков.

Все задачи являются взаимодополняющими в выполнении общей программы экологического мониторинга.

В области исследования ответной реакции природной среды и человека на внешнее воздействие:

- изучение современного состояния природных объектов – флоры и фауны, водной и сухопутной, состояния городских парков, скверов и т.п.;

- изучение состояния здоровья населения и анализ его взаимосвязи с качеством окружающей среды.

Важным элементом экологического мониторинга служит прогнозная оценка динамических процессов на основе информации о стандартных, средних бывших и наблюдаемых на заданный срок характеристиках. Поэтому мы считаем, что понятия «прогноз состояния», «географический прогноз», «экологический прогноз» должны стать составляющей частью экологического мониторинга. Прогнозирование неизбежно сопряжено с определением вероятности предполагаемого события. В комплексном географическом анализе, в отличие от гидрологического, водохозяйственного, эта задача несоизмеримо сложнее в

силу ее большей многофакторности. Существующие прикладные программы прогноза динамических процессов в большой степени условны. Расчетные формулы включают в себя ряд параметров, которые необходимо определять для каждого конкретного региона. В этом случае достоверность прогнозов существенно повышается. При использовании прикладных прогнозных программ необходимо привлечение специалистов, которые имеют возможность определить граничные значения задаваемых параметров с достаточной степенью соответствия местным условиям.

Таким образом, информационное обеспечение БОИ ГИС экологии как составляющая часть экологического мониторинга на базе единой концепции должно соответствовать по структуре решаемых задач интересам широкого спектра потребителей, в первую очередь органов, принимающих важные экологические решения.

Информационным отображением регулярной сети наблюдений должна быть электронная карта размещения наблюдательных пунктов, содержащая:

- ведомственные и межведомственные пункты контроля с их базовыми атрибутивными характеристиками;
- зоны, участки, трассы периодического контроля, основанного на программе специальных экологических вневедомственных (независимых) исследований.

Для сети должны быть разработаны программы наблюдений, соответствующие указанным выше пунктам и включающие в себя структуру задач, состав контролируемых параметров и регламент контроля.

Завершающей фазой экологического анализа территории на основе мониторинговой информации является прогнозная оценка динамических процессов и выработка рекомендаций по оптимизации состояния окружающей среды.

### **5.3. Задачи контроля за состоянием природно-хозяйственных систем (ПХС)**

#### *5.3.1. Параметры и регламент контроля*

Систематизация программных функций мониторинга окружающей среды в границах природно-хозяйственных систем должна основываться на принципах комплексного географического анализа. Только в этом случае возможно обоснование задач контроля, его параметров и регламента. Под «природно-хозяйственными» или «антропогенными географическими» системами мы понимаем трансформированный аналог природных геосистем, когда даже в условиях сильнейшей их преобразованности на фоне типично антропогенных границ, определяемых планами землепользования, они продолжают сохранять элементы границ, обусловленных природными факторами (например, формирование техногенных потоков в природных средах). Последние и определяют границы географических систем в целом, будь то природные или антропогенные [71].

Понятие «геотехническая система» имеет более узкое значение и употребляется в том случае, если говорится о сочетании природных элементов и техники как «комбинации из технического устройства и природного тела любого размера, элементы которых объединяются единством выполняемой социально-экономической функции» [109]. Геотехническая система, например завод, водохранилище с ГРЭС или ГЭС и т.д., является управляемой. Более мощные (или обширные) антропогенные геосистемы не всегда управляемы, и сохранение в них устойчивых природных и природно-хозяйственных связей зависит не только от правильности подхода к рациональному природопользованию на данном этапе освоения, но и в существенной мере определяется пространственно-историческими аспектами развития этих систем – даже в прошедшие века.

Изложенные теоретические положения позволяют нам рассматривать выделяемую на карте природно-хозяйственную систему как географическую, то есть функционирующую по природным законам, но, в той или иной степени, управляемую. Такой подход дает возможность установления причинно-следственных связей в системе «объект – среда – воздействие – ответная реакция». Под «объектом» понимается в данном случае техническая система: завод, жилой квартал, электростанция, автомагистраль, водохранилище, пруд, канал и т. п.

Все многообразие антропогенных географических систем можно объединить по степени трансформации природных ландшафтов в подгруппы: А – ненарушенные природные системы (лесные массивы, водные объекты и др.); Б – частично трансформированные (пастбища, сенокосы); В и Г – собственно антропогенные геосистемы, где все специфические черты природных ландшафтов полностью или почти полностью утрачены, а общий фон территории составляют преобразованные человеком ландшафты техногенного облика (нарушен газовый состав атмосферы, химический состав природных вод, почвенный и растительный покров сведен или преобразован).

Подгруппы с трансформированными природными ландшафтами подразделяются на 10 типов антропогенных геосистем в соответствии с отраслевой спецификой хозяйства: Б – пастбищные, лесохозяйственные, рекреационные; В – полевые, садово-плантационные; Г – водохозяйственные, транспортные и коммуникационные, селитебные, промышленно-добывающие, промышленно-обрабатывающие [71]. Существуют и более детальные классификации в зависимости от масштаба исследований и структуры экологических задач: на уровне подтипа – по производственной ориентации предприятий (черная, цветная металлургия и др.); на уровне вида – по технологии производства (ТЭЦ – на газе, на твердом топливе).

Видовой уровень в большей степени соответствует понятию геотехнических систем, относимых к управляемым, функционирование которых можно в значительной степени контролировать, прогнозировать, регулировать.

### *5.3.2. Состав картографической и атрибутивной информации о динамике ПХС*

Таким образом, при создании картографической базы данных ГИС на фоне слоев, характеризующих экологическую обстановку территории, в качестве самостоятельного слоя выступает карта антропогенных (природно-хозяйственных) географических систем. Технически она создается на основе карт землепользования, топографических и т.п. Для преобразования данной основы в тематический слой необходим анализ формирования техногенных потоков вещества и энергии, зон геохимических и механических барьеров, геохимических условий миграции вещества, определяющих динамические характеристики ПХС.

Так, например, создаваемый в автоматизированном режиме слой карты углов наклона дает возможность оценить:

- ⇒ характер склоновых процессов;
- ⇒ зоны транзита и аккумуляции вещества;
- ⇒ зоны затопления, подтопления, переувлажнения, подпора (на фоне карты гидроизогипс).

Слой карты экспозиции склонов позволяет выделить:

- границы водосборных бассейнов;
- направление стока (природного и техногенного);
- протяженность склона;
- структуру геохимических ландшафтов (на фоне карты углов наклона и гидроизогипс).

Данные карты, сопровождаемые таблицами атрибутов, отражают конкретные характеристики в границах выделенных полигонов:

- ⇒ крутизну склона в градусах;
- ⇒ экспозицию склона в румбах (градусах);
- ⇒ площадь полигона.

Операция наложения слоев землепользования и информации, полученной с карт экспозиции крутизны склонов, дает возможность получения в автоматизированном режиме:

а) карты антропогенных географических (природно-хозяйственных) систем с выделенными на ней геохимическими ландшафтами, атмогеохимическими и гидрогеохимическими потоками рассеяния, зонами аккумуляции техногенных продуктов;

б) карты экологически напряженных зон;

в) карты, управляющей программой мониторинга и определением структуры задач контроля, его параметров и регламента.

Атрибутивное насыщение управляющей карты базируется на матрице, характеризующей особенности антропогенных воздействий, уровень загрязнения природной среды, спецификацию системы экологического контроля по природным объектам и средам. Факторы, обуславливающие динамику состояния природно-хозяйственных систем, дополняют и детализируют структуру задач на уровне подтипов и видов антропогенных систем, определяют комплексы параметров и регламент контроля.

Анализ изложенного материала позволяет установить структуру информационного обеспечения блока обновления информации и этапность выполнения работ. При этом можно рекомендовать следующий подход.

Выделяемые на карте объекты землепользования на фоне общей ландшафтной обстановки рассматриваются как антропогенные географические (природно-хозяйственные) системы. Для определения задач и групп параметров контроля используются унифицированные схемы классификации ПХС, матрицы анализа структуры и

характера антропогенных воздействий, таблицы, отражающие условия использования ПХС, скорость процессов, происходящих в них, и перечни наиболее динамичных характеристик.

На завершающем этапе создается ландшафтно-экологическая карта, с оценкой степени антропогенной нагрузки, возможностей или потенциала естественного самоочищения, выделением экологически напряженных зон, и карта, управляющая программой экологического мониторинга.

Определяется размещение источников сброса сточных вод, их количественные характеристики и геохимическая специфика, а также размещение источников загрязнения атмосферы, качественные и количественные параметры выбросов поллютантов в атмосферу. Устанавливаются эпицентры максимальных выбросов. Определяются площадные и линейные геохимические аномалии по почвам и снегу.

Перечисленные слои и их атрибутивные характеристики дают основу для количественных расчетов индекса антропогенной нагрузки по каждому из выделенных на территории города бассейнов.

#### **5.4. Принципы построения оценочных динамических карт в рамках ГИС экологии г. Вологды**

##### *5.4.1. Место и функции оценочных динамических карт в системе мониторинга*

Оценочные динамические карты – это карты фиксированного на определенный период (срок наблюдения) состояния того или иного элемента природной среды, построенные на основе мониторинговой информации. Всем хорошо известны прогнозные карты погоды, формирования и движения барических образований, метеофронтов и т.п. Они строятся на базе данных стационарных и мобильных источников информации, организованных



в регулярную сеть. Такая сеть дает возможность получить достоверную пространственную модель состояния на заданный срок наблюдения. В системе мониторинга экологического состояния окружающей среды также возникает необходимость получения такого рода информации на установленные программой сроки.

Какие природные и хозяйственные характеристики нуждаются в их картографическом отображении? Те, которые раскрывают пространственную (площадную или линейную) специфику наиболее динамичных техногенных или природных процессов, таких, как:

⇒ прохождение паводка, затопление, подтопление (на заданный срок или сезон);

⇒ загрязнение атмосферы (в течение года, на заданный срок);

⇒ загрязнение почв (как многолетний кумулятивный процесс);

⇒ загрязнение донных осадков (как многолетний процесс);

⇒ развитие эрозионных процессов (как многолетний процесс);

⇒ загрязнение природных и подземных вод (как сезонный процесс);

⇒ состояние зеленых насаждений (как многолетний процесс).

Если в процессе мониторинга мы получаем серию таких карт в соответствии с регламентом, определяющим шаг дискретности, их сопоставление позволяет определить зоны смены характеристик со знаками «+» или «-», т.е. зоны устойчиво неблагоприятные, с соответствующими тенденциями, и динамические границы неблагоприятных процессов.

Какие условия сбора информации необходимы для построения оценочных динамических карт? Прежде всего, на территории должна быть создана регулярная сеть наблюдений. Известны требования для создания карт изо-

гипс, почв, растительности, что предусмотрено методическими руководствами, ГОСТами, СНиПами. В геохимических изысканиях при поисках месторождений полезных ископаемых также определена густота сети наблюдений в соответствии с масштабом съемки.

Понятие «сеть» несколько условно. Оно подразумевает установленное количество точек наблюдения на 1 км<sup>2</sup>, и, если их число ниже, результаты картирования нельзя признать достоверными.

В системе экологического мониторинга организация подобной сети требует высоких затрат не только из-за большого объема пробоотбора и количества точек наблюдения в регулярном режиме, но и значительного объема аналитических работ. «Управляющие» карты природно-хозяйственного районирования дают возможность сохранить репрезентативность сети наблюдения за счет того, что ее сгущение (увеличение числа точек наблюдения) сохраняется в наиболее динамических и критических зонах и, наоборот, она разрежена в экологически благополучных районах. Но в любом случае сеть наблюдений должна дать информацию о территории в целом.

В настоящее время такого рода информацией по г. Вологде мы не располагаем. Однако данные, получаемые по материалам 2ТП «Водхоз», 2ТП «Воздух», о геохимии почв и снежного покрова позволяют создавать карты состояния ряда природных компонентов за год (выбросы в атмосферу, выбросы сточных вод), на момент наблюдения (снеговые воды), в многолетнем срезе (почвы). Геохимические аномалии, определенные в донных осадках р. Вологды, например, установлены по результатам отбора проб в 10 точках [101], поэтому достоверность их протяженности условна (закон пространственной экстраполяции).

*Атмосфера.* Отбор проб воздуха для газового анализа обычно осуществляется в промышленных зонах и рабочих помещениях, вдоль автодорог. Принципы отбора:

- синхронность, моментальность;
- учет времени суток и погодной обстановки.

В системе мониторинга такие работы нужны в случае:

- ⇒ чрезвычайных ситуаций;
- ⇒ определения границ санитарно-защитных зон предприятий;
- ⇒ арбитражных судебных разбирательств;
- ⇒ разработки моделей аварийных выбросов экологически опасных промышленных объектов.

*Природные воды.* Гидрохимическое опробование постоянных водотоков (рек, ручьев, каналов) в соответствии с программами и регламентами ведомственных, природоохранных служб осуществляется на определенных постах наблюдений регулярно. Однако не всегда такая информация пригодна для гидрохимической характеристики водотока из-за того, что время пробоотбора по всему водотоку растягивается на недели (например, в течение марта, августа, ноября). Химический состав вод очень динамичен, поэтому достоверная оценка гидрохимической ситуации на всем протяжении реки возможна лишь при мгновенном срезе. Если регулярная сеть наблюдений в силу ведомственных или других причин не в состоянии этого сделать, то программой мониторинга должно быть предусмотрено гидрохимическое опробование всех наиболее важных водотоков, но в продолжение очень короткого времени, например суток или нескольких часов в паводок и межень. Известно, что даже в течение рабочего или выходного дня, в рабочие или ночные часы состав сточных вод различен. Не одинаковыми являются и объемы водоотведения [61].

Один из принципов гидрохимического опробования вод в системе мониторинга состоит в том, что при сохранении регулярного шага отбора проб по водотоку (через 1 км, 0,5 км) очень важно, чтобы при впадении в основной водоток притоков или крупных источников водоотведения

пробоотбор осуществлялся по принципу замка – выше и ниже источника загрязнения и в его устье. Такой способ зачастую дает возможность определить виновника загрязнения. Только на основе перечисленных принципов организации работ гидрохимическая карта выйдет на уровень достоверности характеристики динамических процессов.

*Почвы.* В пределах города почвенный покров, как правило, в существенной степени трансформирован. По современной классификации эти почвы можно отнести к урбаноземам. Существует достаточно много их видовых и родовых характеристик [91]. Они устанавливаются в процессе изысканий. Известно, что в городе каждая точка наблюдений не характеризует территорию, а дает информацию лишь о геохимическом состоянии в пункте наблюдения (например, газон на перекрестке дорог и огород в соседней усадьбе, городской сквер и пригородный парк). Таким образом, в городе невозможно проведение изолиний для картирования площадных геохимических аномалий – они не отражают физического смысла процесса. Поэтому карты геохимического состояния почв информативны лишь в случае организации обоснованной сети пробоотбора, которая базируется на специальном природно-хозяйственном районировании (зонировании).

Такая сеть не может быть регулярной, т.к. почвенный покров в городе сохранился не равномерно. В связи с этим опробование почв должно проводиться лишь в соответствии с поставленной задачей:

- оценить характер воздействия транспортной магистрали;
- оценить зону загрязнения вдоль дороги, по которой перевозят промышленные отходы токсичного характера;
- оценить характер загрязнения городских парков и скверов;
- оценить зону влияния городских и пригородных свалок;

➤ оценить токсикологические качества почв на приусадебных участках, огородах, пригородных землях.

В целом геохимическое опробование почв следует проводить один раз в 5–10 лет на участках экологически напряженных зон. Глубина опробования в зонах возможного пылевого и газового воздействия, рекультивации 0–20 см, в зонах воздействия сточных вод, свалок, полей аэрации – по всему профилю 0–1,5 м в соответствии с выделяемыми генетическими горизонтами.

В качестве примера решения специфических мониторинговых задач целесообразно рассмотреть методические особенности построения оценочных динамических карт.

#### *5.4.2. Карта загрязнения почв*

По результатам геохимического опробования, проведенного в 1994 году в рамках научно-исследовательских работ, выполненных Вологодским государственным пединститутом, составлена карта содержания основных поллютантов в верхнем горизонте почв [68]. Сеть опробования была нерегулярной, поскольку работы не носили характера площадной геохимической съемки. Однако приведенные данные по 6 элементам (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr) и 60 пунктам опробования дают нам возможность составить серию динамических карт на заданный срок и оценить характер загрязнения почвенного покрова вдоль основных автомагистралей и улиц города (рис. 5.1). На основе атомно-абсорбционного метода анализа подвижных форм тяжелых металлов на территории центра города, в районе ТЭЦ и подшипникового завода обнаруживаются устойчивые геохимические аномалии по большинству элементов. Подготовлена серия многоэлементных карт, а также, в качестве интегральной, карта коэффициента суммарного загрязнения, определяемого по формуле:

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^{i=6} C_i}{6 C_{\Phi}},$$

где:  $K_3$  – коэффициент суммарного загрязнения по 6 элементам;  
 $C_i$  – концентрация элемента в мг/кг в контрольном пункте;  
 $C_{\Phi}$  – местная фоновая концентрация каждого из элементов для незагрязненных районов г. Вологды.

Этот показатель является универсальным для любого из природных объектов при условии подбора сингенетичных параметров (в данном случае определенного набора тяжелых металлов). Способ отображения геохимических данных выбран значковый [64].

Регулярная геохимическая съемка на территории города в рамках программы мониторинга позволила бы более полно оценить реальную геохимическую ситуацию.

#### *5.4.3. Карта загрязнения снежного покрова*

Аналогичным образом получена карта загрязнения снежного покрова г. Вологды, составленная по данным Вологодского пединститута [68]. Выделено три группы поллютантов:

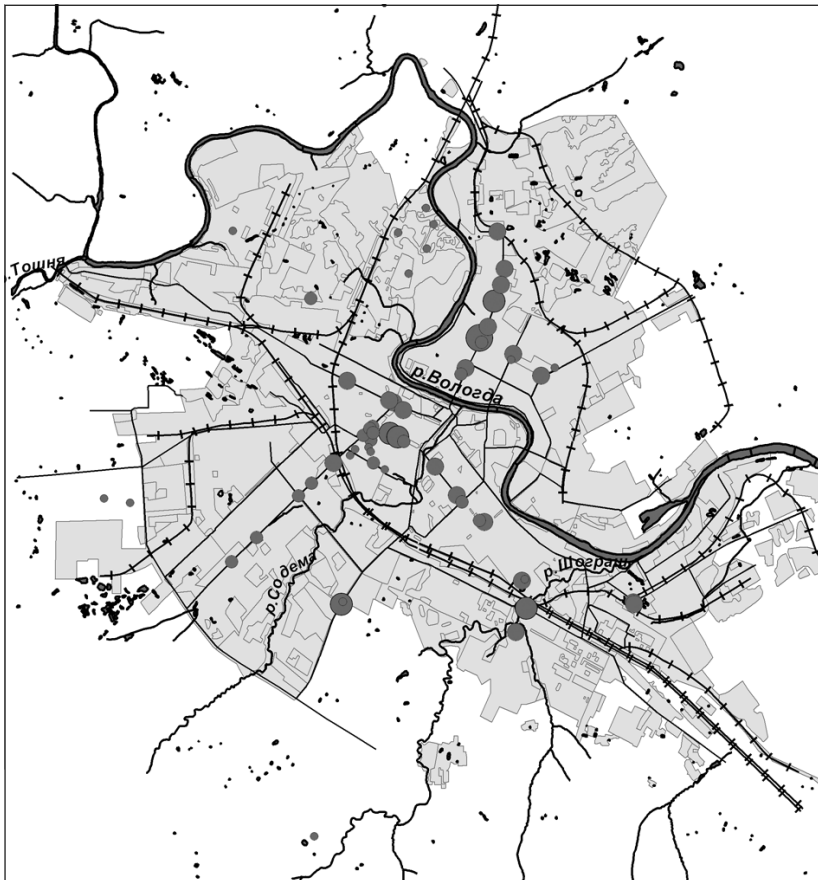
I. Группа, связанная с загрязнением органическим веществом и окисляющаяся химическими реагентами: ХПК, перманганатная окисляемость.

II. Группа, связанная преимущественно с загрязнением солями сильных кислот, источником которых могут являться выбросы кислотообразующих газов в атмосферу: нитраты, сульфаты, хлориды (источником хлоридов в снеге также может быть обработка его солью в зимний период).

III. Группа, характеризующая пылевую (аэрозольную) составляющую загрязнения атмосферного воздуха, в том числе сумму всех солей: твердый остаток, сухой остаток, трехвалентное железо.

По первой и второй группе получены коэффициенты суммарного загрязнения  $K_3$ .

Рис. 5.1. Содержание свинца в почвах г. Вологды (мг/кг)



Условные обозначения

Свинец в почвах  
(мг/кг)

- 5,0 - 19,0
- 19,1 - 36,0
- 36,1 - 63,0
- 63,1 - 103,0
- 103,1 - 210,0

- Automobile roads
- Railway lines
- City buildings
- Rivers
- Lakes

Подобные карты могут составляться в виде изоконцентрат, однако в данном случае использован значковый способ отображения информации из-за нерегулярности сети опробования (рис. 5.2). Интегральные показатели  $K_3$  хорошо коррелируют с расположением точек в центре города – «факелами» загрязнения от выбросов в атмосферу промышленных предприятий города (с учетом преобладающего направления ветров в зимний период).

Карты химического состава снеговых вод позволяют оценить характер атмосферного загрязнения территории. Данная информация важна еще и потому, что снеговые воды формируют весенний сток и являются источником загрязнения водоемов, водотоков и грунтовых вод. Это – одна из наиболее важных карт динамических процессов, происходящих в городской среде. Она дает возможность определить:

- характер загрязнения атмосферы за зимний период в кумулятивном виде;
- направление перемещения основных атмосферных поллютантов и дальность развития техногенной аномалии;
- состав приоритетных поллютантов;
- направление геохимических потоков при таянии снега;
- водоприемники загрязненных талых вод (реки, ручьи, болота, депрессии, каналы и т.п.).

Геохимическая характеристика загрязнения снега помогает нам установить соотношения элементов-поллютантов в структуре атмосферных осадков: пыли минеральной, пыли органической, кислотности, щелочности, макроэлементов, оксидов, микроэлементов, ПАУ (полиароматические углеводороды) и т.п.

Лишь на основе геохимического опробования снежного покрова возможно выделение на динамических картах площадных геохимических аномалий. В режиме



Рис. 5.2. Пробы снега. Коэффициент суммарного загрязнения ( $K_3$ ) анионами г. Вологды



Условные обозначения

Снег.  $K_3$  анионами  
(соли нитратов, сульфатов,  
хлоридов и др.)

- 0,53 - 0,74
- 0,75 - 0,96
- 0,97 - 1,13
- 1,14 - 1,33
- 1,34 - 2,15

Атмосферное загрязнение  
(баллы)

- 1 умеренное
- 2 среднее
- 3 сильное

- Автомобильные дороги
- Железные дороги
- Городская застройка
- Реки
- Озера

мониторинга геохимическое опробование снега вместе со снегомерной съемкой (определение мощности слоя, плотность снега, его структуры, запасов воды) следует проводить ежегодно в период перед снеготаянием (февраль – март).

Атмосферные осадки летнего периода в режиме мониторинга менее информативны в геохимическом отношении, чем снеговые воды. Они характеризуют обстановку переноса поллютантов на заданный срок (что важно при чрезвычайных ситуациях). Опробование желательно проводить одновременно (в течение одного дождя, предпочтительнее ливневого, в первые минуты после его начала). Поэтому обычно в практике экологических исследований в границах города и в пределах зон воздействия наиболее существенных источников загрязнения атмосферы устанавливаются ловушки дождевых вод (во дворах, на приусадебных участках, в промышленных зонах) и по соответствующей инструкции в день контрольного дождя производится отбор проб, которые немедленно отправляются в лабораторию.

#### *5.4.4. Динамические карты состояния природно-хозяйственных систем (опыт составления)*

Под динамическими картами состояния природно-хозяйственных систем подразумевается комплекс оперативной тематической картографической информации, отражающей состояние природной среды города на заданный срок. Как показано в п. 5.1, в блок обновления информации в соответствии с установленным регламентом должна поступать информация о загрязнении атмосферы, природных вод, почвенного покрова, снежного покрова (характеризующего суммарный характер загрязнения атмосферы в зимний период), растительного покрова и т.п. Такая информация в генерализованном виде хранится в виде таблиц атрибутов и соответствующих карт.

Оцифрованная послойная информация, характеризующая структуру сложившихся природно-хозяйственных систем г. Вологды, явилась базовой и послужила основой для составления многопараметрических проблемных карт. Однако и эта базовая информация также нуждается в ежегодном уточнении и обновлении в силу динамичности хозяйственных процессов.

В качестве управляющей (администрирующей) выступает карта современного экологического состояния г. Вологды с выделением зон экологической напряженности. Выделенные зоны и их характер регламентируют комплекс территориальных аспектов мониторинговых задач, параметров и дискретность контроля. Смысловое наполнение таких карт, по существу – синтетических, основывается на целом комплексе частных карт, характеризующих состояние отдельных природных сред и объектов.

Представляется целесообразным регулярно составлять карты на основе данных мониторинговой сети. На этом этапе мы располагаем ограниченным набором геохимических характеристик почв, снега, поверхностных вод. Имеются данные по формам 2ТП «Воздух» и 2ТП «Водхоз» о валовом объеме выбросов в атмосферу промышленными предприятиями города, а также объеме и качественном составе сточных вод.

В качестве примера составлены варианты тематических карт – загрязнения атмосферы (валовые выбросы), отведения сточных вод (пункты водовыпусков), загрязнения снежного покрова, загрязнения почвенного покрова, состояния парков и скверов города.

В пробных вариантах карты валовых выбросов в атмосферу промышленных предприятий г. Вологды рассматривалась возможность дать таким картам различную смысловую нагрузку в зависимости от способов отображения ситуации (изоконцентраты, гистограммы, круговые

диаграммы и др.). Так, изоконцентраты показывают зоны с различными объемами выбросов в атмосферу. Следует иметь в виду, что полученное поле не представляет собой реальной картины распространения загрязнений в атмосфере, а лишь отражает распределение техногенного потенциала различных зон города.

При составлении карт загрязнения снежного покрова, почв мы столкнулись с трудностями, связанными с нерегулярностью сети опробования, что не позволяет выделять аномальные поля в виде изоконцентрат. Более информативными в данном случае являются значковые и цветовые условные обозначения, которые на общем фоне землепользования достоверно маркируют участки с различными концентрациями загрязняющих веществ.

#### *5.4.5. Технологическая специфика динамических карт*

Существуют два типа динамических карт состояния ПХС в блоке обновления информации: *ситуационные*, отражающие картину реального состояния природных объектов по одному динамическому параметру или их целому комплексу, и *аналитические*, отражающие процессы, имеющие различную дискретность. При построении этих карт используются определенные аналитические классификационные принципы. Примером первого типа является карта геохимических аномалий в почвах, снежном покрове на заданный срок геохимического опробования. Карта для оценки загрязнения почв отражает многолетний кумулятивный эффект загрязнения территории, в то время как по снегу мы получаем характеристику сезонной специфики кумуляции атмосферных осадков. Реальная же характеристика загрязнения приземного слоя атмосферы или поверхностных вод на заданный срок может быть получена, в силу высокой динамичности этих процессов, лишь в случае единовременного

геохимического опробования всей контролируемой территории. Такая карта характеризует геохимическую ситуацию на заданный срок и представляет интерес, например, в случаях чрезвычайных ситуаций.

Более информативными для оценки характера высокодинамичных процессов являются карты аналитического характера. Так, например, карта зонирования территории города по годовым характеристикам загрязнения атмосферы промышленными предприятиями в физическом смысле представляет собой выделение групп предприятий с близкими по годовому объему техногенных выбросов в атмосферу, в соответствии с установленными (выбранными), рангами (уровнями), количество которых может быть увеличено или уменьшено в зависимости от поставленной задачи. В нашем случае выбрано 2 уровня валовых объемов выбросов в атмосферу, по которым лидером является Вологодская ТЭЦ. В варианте с круговыми диаграммами хорошо видно в составе выбросов соотношение твердых, жидких и газообразных составляющих (в %). Таким образом, мы получили на карте распределение эпицентров техногенного загрязнения. Более реальную картину атмосферного загрязнения нам представляет геохимическая карта состояния снежного покрова (см. рис. 5.2), являющегося косвенным показателем этого процесса. То же можно сказать о картах загрязнения донных осадков рек (отражающих кумулятивный характер загрязнения вод).

Для получения динамических карт состояния атмосферы, природных вод в масштабе реального времени необходимо использовать специальные прикладные программы, работающие, как правило, в границах определенных математических допущений, что в ряде случаев снижает точность и достоверность проводимого анализа. Нам представляется, что все типы перечисленных карт имеют

право на существование в БОИ ГИС, поскольку взаимно дополняют друг друга и дают возможность конструировать многопараметрические карты.

Положительным свойством аналитических карт является возможность представления на них многослойной информации в виде изоконцентрат полей, круговых диаграмм и гистограмм, совмещенных графических и распределенных по площади характеристик.

Построение динамических ситуационных и аналитических карт в БОИ ГИС помогает при решении практических вопросов, касающихся оценки современного экологического состояния территории города, принятия решений по корректировке санитарно-защитных и водоохранных зон, детализации задач контроля за состоянием здоровья населения, принятия мер по предотвращению загрязнения атмосферы и вод, обоснования конкретных инженерных решений, моделирования и прогнозирования неблагоприятных процессов и явлений на случай чрезвычайных (нештатных) ситуаций и т.п.

## ГЛАВА 6

### СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ БЛОК МУНИЦИПАЛЬНОЙ ГИС ЭКОЛОГИИ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

#### 6.1. Структура и особенности функционирования блока

Цель разрабатываемой геоинформационной системы экологии города, входящей составной частью в муниципальную ГИС, состоит в поддержке принятия решений по управлению качеством городской среды как среды обитания населения, и в первую очередь – в обеспечении его экологической безопасности [25]. Следовательно, к информационным блокам, на основе которых можно проводить оценку, контроль и прогноз экологического состояния окружающей среды города, необходимо добавить информационный блок социально-экономических условий развития, включающий демографическую структуру населения, уровень социального развития, медико-санитарные условия и показатели состояния здоровья населения.

Информация блока, с одной стороны, должна дать возможность оценить уровень нагрузки на окружающую среду, а с другой – отражать ответную реакцию здоровья населения на увеличивающееся техногенное воздействие.

Показатели, характеризующие состояние социальной системы города, отдельных его частей и наиболее значимые с точки зрения экологических проблем для включения их в базу данных ГИС, можно разделить на следующие группы:

##### 1. Демографические показатели:

1.1. Количество и плотность населения в городе, его районах и микрорайонах, на педиатрических участках.

Количественную характеристику населения представляет такой показатель, как его численность, определяющая уровень антропогенной нагрузки на окружающую среду. Важным показателем нагрузки на окружающую среду является и плотность населения.

1.2. Данные о рождаемости и смертности, отражающие падение или рост численности населения, что, в свою очередь, обусловлено как социально-экономическими, так и экологическими факторами.

1.3. Возрастная структура; средний возраст населения; численность детей до 14 лет (желательно более дробное деление возрастных групп детей, например дети до 3 лет, дошкольники 4 – 6 лет, школьники 7 – 14 лет и подростки 15 – 18 лет); численность трудоспособного населения; профессиональная структура.

1.4. Продолжительность жизни.

Показатель средней продолжительности жизни служит критерием качества жизни и состояния среды обитания. Однако непосредственное влияние негативных изменений в окружающей среде на продолжительность жизни выявить чрезвычайно сложно, поскольку условия проживания, как правило, изменяются даже на постоянном месте жительства.

2. Показатели комфортности среды: обеспеченность водой; обеспеченность зелеными насаждениями; обеспеченность рекреационными ресурсами; численность населения, подвергаемого воздействию шумового и электромагнитного загрязнения.

3. Показатели состояния здоровья:

3.1. Заболеваемость детей (врожденная патология) по классам заболеваний в следующих группах: новорожденные первого года жизни, дети до 3 лет, дошкольники 4 – 6 лет, школьники 7 – 14 лет и подростки 15 – 18 лет.

3.2. Заболеваемость населения экологически зависимыми заболеваниями (ОРЗ, кожные, новообразования,



заболевания органов желудочно-кишечного тракта, печени и почек, органов дыхания, инфекционные, эндокринные и т.д.).

3.3. Заболеваемость населения социально зависимыми болезнями (туберкулезом, алкоголизмом, наркоманией и токсикоманией и др.).

4. Функциональные границы детских поликлиник и педиатрических участков.

Ключевыми индикаторами состояния окружающей среды могут выступать показатели здоровья, зависящего от многих причин, и в первую очередь от социально-экономических условий, генетической предрасположенности каждого человека и от состояния окружающей среды. На основании многочисленных исследований считается, что вклад такого фактора, как состояние окружающей среды, в здоровье населения составляет около 20%, а доля заболеваний, на которые он влияет, по данным Всемирной организации здравоохранения, – 80%.

От загрязнения окружающей среды особенно страдают дети, которые являются основной «индикаторной» группой, отражающей реакцию населения на вредные воздействия факторов среды.

5. Качество жизни людей определяется тремя основными взаимозависимыми факторами: экономическим уровнем жизни, социальным благополучием и здоровьем, поэтому состав базы данных социально-экономического блока должен быть дополнен рядом следующих параметров, как то:

- уровень благосостояния населения (уровень занятости, уровень доходов, обеспеченность населения автомобилями и т.д.);
- уровень социального обеспечения (обеспеченность жильем, уровень образования, уровень медицинского обеспечения и т.д.);
- тип водо- и теплоснабжения (централизованное или индивидуальное);

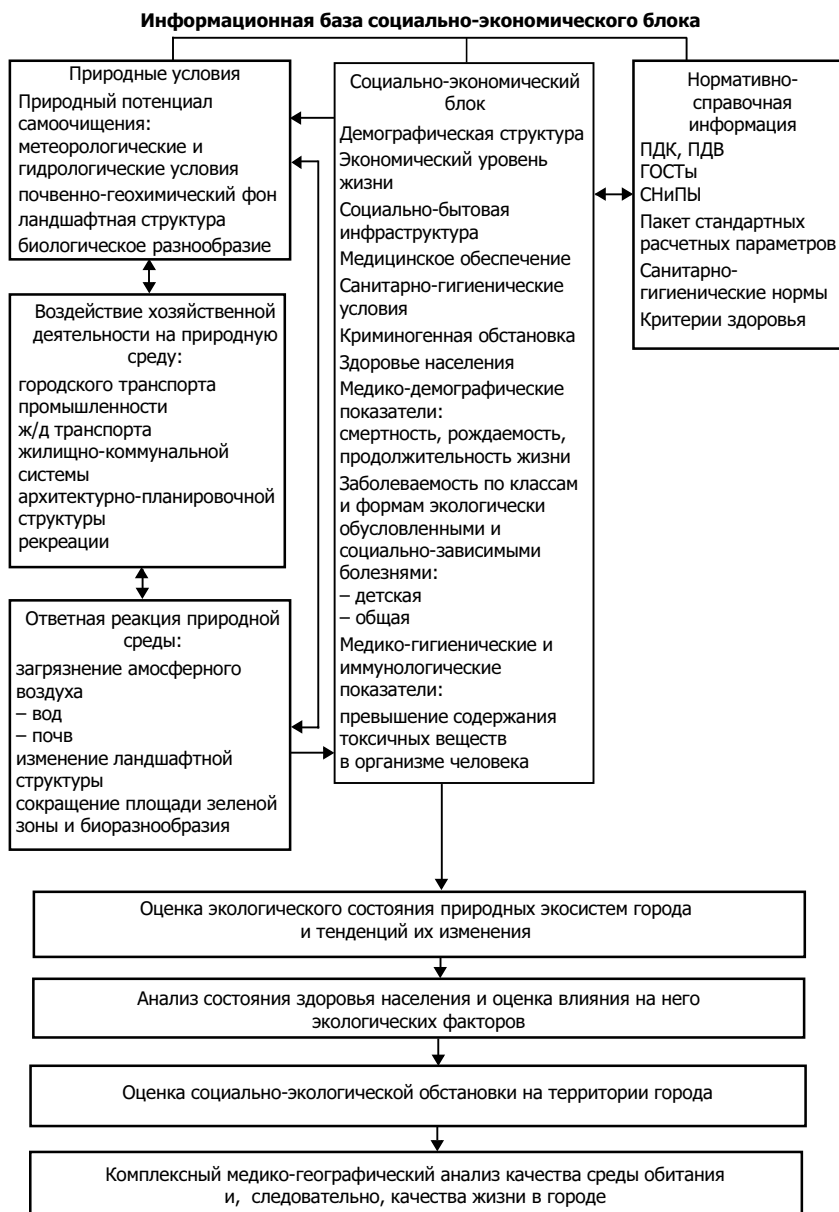
- уровень преступности, ее характер и степень раскрываемости;
- границы участков управления внутренних дел города;
- функциональная роль кварталов города (промышленная зона, спальный район, торгово-коммерческая зона, деловой центр, вокзалы – транзит и т.д.);
- уровень комфорта проживания в районах (зонах) города.

6. Основные параметры хозяйства города, определяющие нагрузку на природную среду: объемы производства (всего и на душу населения); энергопотребление; безвозвратное водопотребление; количество отходов в год; объем автопарка.

Названный набор параметров предназначен для информационного обеспечения решения проблем экологической безопасности населения – как в широком смысле, так и в режиме мониторинга для выполнения частных задач.

Объединение блоков, содержащих информацию об экологическом состоянии природных экосистем, сложившемся в результате влияния существующего в городе природопользования, с блоками информации о здоровье населения и нормативно-справочной информации, включающими также санитарно-гигиенические критерии и критерии заболеваемости, позволит провести комплексный анализ медико-экологической ситуации в городе и выявить причинно-следственные связи в системе «среда – здоровье». В результате проведенной нами в целях безопасности населения [18, 78] научной разработки по созданию ГИС экологии города Вологды и накопленного опыта аналогичных работ, выполненных в других городах России (Калининград Московской обл., Воронеж, Санкт-Петербург, Череповец, Ярославль [34, 93, 96, 105]), подготовлены информационная база и функциональная схема социально-экономического блока в общей структуре муниципальной ГИС экологии (рис. 6.1).

**Рис. 6.1. Информационная структура и функциональная схема социально-экономического блока ГИС экологии города**



Геоинформационная система такой структуры обеспечит выполнение комплексного медико-экологического ранжирования факторов риска и критериев здоровья на базе вероятностно-статистических методов и компьютерного моделирования, даст возможность выявить закономерности их территориальной привязки, провести комплексное медико-географическое зонирование и оценку комфортности среды обитания, составить прогноз экологического риска на территории города. Кроме того, геоинформационная система позволяет обосновать сеть и систему мониторинга состояния природной среды и показателей здоровья населения. Обработка полученных данных, математико-статистический анализ и электронное картографическое моделирование в программно-аналитическом блоке создают предпосылки для осуществления прогноза изменения экологического состояния территории города и вероятностного развития неблагоприятных тенденций в состоянии здоровья населения.

В целях реализации данного прогноза необходимо создать пакет электронных картографических слоев и привязанных к ним атрибутивных данных как базовой информационной основы. В поддержке принятия управляющих решений важную роль играют синтетические карты, которые с помощью интегральных показателей, полученных в результате программно-аналитической обработки, отображают результат взаимодействия населения и окружающей среды и позволяют оценить и прогнозировать медико-экологическую ситуацию и качество жизни населения в городе. К таким картам в первую очередь относятся:

- карта природно-хозяйственных систем или функционального зонирования территории г. Вологды (см. рис. 3.1);
- карта природно-хозяйственного районирования и зон экологической напряженности (см. рис. 4.1);
- карты степени антропогенной нагрузки и потенциала самоочищения природных систем (см. рис. 4.3 и 4.4);

- карта экологического риска, где показаны районы или зоны с той или иной степенью экологического риска проживания;
- карта районирования территории города по степени комфортности среды обитания и уровню качества жизни.

## **6.2. Критерии оценки состояния здоровья населения**

В результате многочисленных исследований в области геоэкологии и медицинской географии [6, 12, 56, 59, 60, 82], а также экологии человека стало очевидно, что эффективная экологическая политика должна базироваться на приоритете здоровья населения, которое интегрально отражает все проявления неблагоприятных воздействий среды обитания [83, 84, 85]. Хозяйственная и производственная деятельность человека оказывает все более негативное воздействие на природную среду. В свою очередь, состояние окружающей среды влияет на условия жизни человека и, следовательно, на его здоровье. Особенно значительные негативные изменения происходят на территориях промышленных городов, где наиболее остро проявляются проблемы в системе «здоровье – среда обитания». Однако использование в качестве ключевых индикаторов показателей здоровья связано с большими трудностями. На здоровье людей непосредственно или опосредованно влияют многие экзогенные (природные, социальные, экономические и др.) и эндогенные (пол, возраст, сложение, наследственность, раса, тип нервной системы и др.) факторы.

По данным Всемирной организации здравоохранения, все разнообразные факторы риска возникновения и развития заболеваний объединены в четыре обобщающие группы: образ жизни, качество медико-санитарной помощи, наследственность и среда обитания. Доля каждого из этих факторов в уровне заболеваемости не одинакова и в значительной степени зависит от природных и социально-

экономических условий. В целом вклад экологических факторов в заболеваемость населения оценивается, как уже говорилось выше, примерно в 20% [57]. Это предопределяет достаточно серьезные методологические трудности использования показателей заболеваемости в качестве индикаторов состояния окружающей среды на исследуемой территории. Однако в пределах конкретной территории, с однородным социально-экономическим фоном, качество медико-санитарной помощи в первом приближении можно считать равноценным. Образ жизни и наследственность, как факторы риска, оказывают значительное влияние на показатели заболеваемости населения, хотя оно заметно лишь в условиях раздельного проживания достаточно крупных социальных и профессиональных групп близких по своему менталитету. При смешанном проживании это влияние выделить сложно. В качестве гипотезы можно принять, что в условиях ограниченной территории проживания, в отношении которой предполагается однородность социально-экономических условий жизни населения, фактором, в наибольшей степени определяющим дифференциацию показателей заболеваемости, является экологическое состояние окружающей среды. Таким условиям вполне отвечает территория отдельно взятого города. Можно предположить, что уровень и структура заболеваемости населения в отдельных районах города зависят от медико-экологической обстановки, сложившейся на их территории.

В настоящее время в результате медико-экологических, санитарно-гигиенических и эпидемиологических исследований разработан примерный список заболеваний [38], которые в значительной степени связаны с загрязнением окружающей среды. Среди них в первую очередь следует назвать болезни системы кровообращения, крови и кроветворных органов, органов дыхания, пищеварения, болезни кожи, эндокринной системы, нервной системы и онкологические заболевания.

Важно отметить, что одни и те же заболевания могут быть вызваны воздействием сочетания различных факторов окружающей среды. Поэтому особое внимание должно уделяться сопоставлению уровня заболеваемости с потенциальным риском воздействия каждого из вероятных факторов. Одной из наиболее важных проблем для промышленных городов является увеличение загрязнения атмосферного воздуха, особенно повышение в его составе содержания пыли, фенола, формальдегида, бензапирена, оксидов углерода и др., что приводит к возрастанию общей заболеваемости верхних дыхательных путей. Например, удельный вес болезней органов дыхания в общей структуре заболеваемости детей г. Вологды в 1998 г. составлял уже около 60%. По данным НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Семенова РАМН, доля влияния загрязнения атмосферного воздуха в развитии заболеваемости детского и подросткового населения болезнями органов дыхания достигает 40%. К тому же последние 10 лет, в связи со значительным ростом автотранспортного парка и, как следствие, увеличением среднегодовых концентраций диоксида азота и оксида углерода на территориях городов, прослеживается четкая тенденция к повышению частоты заболеваемости верхних дыхательных путей [102].

Качество питьевой воды, уровень загрязнения почвы тяжелыми металлами, радиационное, электромагнитное и шумовое воздействие представляются наиболее значимыми факторами риска болезней органов пищеварения, онкологических заболеваний и врожденных аномалий.

Взаимное влияние различных факторов может усилить или ослабить реакцию людей на неблагоприятные воздействия окружающей среды.

Факторы воздействия можно разделить на две основные группы:

1. Факторы антропогенного воздействия на окружающую среду и ее отдельные компоненты (загрязнение атмосферы, питьевой воды, почв, шумовое и электромагнитное загрязнение).

2. Факторы, усиливающие или ослабляющие воздействие загрязнения окружающей среды. К ним относятся природно-климатические условия (скорость и направление ветра, быстрота смены погоды, влажность, давление, уровень инсоляции, температура), к которым следует добавить избыток или недостаток во внешней среде микроэлементов, особенности ландшафтной структуры, гидрологического режима, характеристики биоразнообразия, определяющие потенциал самоочищения природной среды и снижающие вероятный риск для здоровья населения, связанный с ее загрязнением. Жилищные условия, включающие и уровень обеспеченности жильем, и планировку жилого строительства в городе, и экологическую обстановку внутри жилища, также оказывают существенное влияние на степень потенциального риска для здоровья людей.

Для того чтобы определить напряженность экологической ситуации и степень экологической безопасности населения города, необходимо провести совместную оценку качества среды обитания и здоровья населения по выработанной системе показателей. Министерство здравоохранения Российской Федерации в 1997 г. утвердило методические рекомендации «Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения». В рекомендациях изложена концепция проведения данной оценки с учетом обусловленности изменений здоровья населения действием вредных факторов среды обитания, а также приведены показатели и критерии комплексной санитарно-экологической оценки степени напряженности



медико-экологической ситуации [39]. Степень напряженности медико-экологической ситуации оценивается с помощью двух основных групп показателей, характеризующих уровень загрязнения среды обитания и уровень изменения здоровья населения (заболеваемость, смертность, рождаемость, продолжительность жизни). Система показателей создается таким образом, чтобы можно было проводить анализ причинно-следственных связей между качественными и количественными характеристиками вредного фактора и реакцией организма, т.е. связей в системе «человек – опасные факторы среды обитания – источники вредного воздействия».

Показатели и параметры загрязнения компонентов и объектов окружающей среды, входящие в эколого-гигиеническую оценку состояния среды обитания человека, образуют пять основных групп:

⇒ массовая нагрузка экотоксикантами на водную среду, атмосферный воздух, почвы и т.д. (объемы и состав выбросов, сбросов химических веществ и твердых отходов промышленных предприятий и автотранспорта);

⇒ уровни загрязнения вредными веществами атмосферного воздуха, почв, вод;

⇒ показатель суммарного загрязнения различных природных сред;

⇒ комплексный индекс загрязнения различных сред (ИЗА, ИЗВ, Zc);

⇒ кратность превышения ПДК приоритетных по опасности химических веществ.

Эти показатели рассмотрены в предыдущих главах монографии, структурированы и включены в БД и БОИ ГИС экологии г. Вологды.

К основным показателям и критериям изменения здоровья населения, которые позволяют оценить напряженность медико-экологической ситуации, относятся:

⇒ медико-демографические: смертность – в том числе общая, детская, младенческая и перинатальная (от 22 недель плода до 7 дней жизни) и ожидаемая продолжительность жизни в различных возрастных группах;

⇒ заболеваемость (и распространенность болезней) – общая и детская по отдельным классам и группам экологически обусловленных болезней для территории конкретного города;

⇒ медико-генетические показатели и изменение иммунного статуса населения;

⇒ превышение содержания в биосубстратах человека (кровь, волосы, ногти, грудное молоко и т.д.) токсических химических веществ по отношению к обнаруженным в среде обитания.

Основные показатели изменения здоровья населения следует анализировать минимум за 5 – 10 лет при сопоставлении их с показателями контрольных территорий и фоновыми или региональными уровнями.

Сущность оценки изменения здоровья населения на конкретной территории в связи с воздействием неблагоприятных факторов состоит в экспертном исследовании и анализе динамики отклонений от среднего фонового, регионального или контрольного уровня заболеваний. При этом контрольный уровень – это уровень показателей загрязнения окружающей среды и изменений здоровья населения на выбранной территории с равными прочими природно-климатическими и социально-экономическими условиями жизни, но с более благополучной экологической обстановкой; региональный – это уровень, характерный для территории области, края республики или более крупного региона, где расположен исследуемый город; и фоновый – это исходный уровень состояния среды обитания и здоровья населения, характерный для периода начала проведения оценки ситуации или до события, ответственного за ухудшение экологической ситуации [39].

Оценку степени напряженности медико-экологической ситуации следует проводить по состоянию здоровья детей, как наиболее уязвимой к воздействию вредных факторов среды обитания группы населения.

Данная оценка по критериям изменения здоровья населения проводится, как правило, по нескольким основным и дополнительным показателям, отражающим более высокую степень неблагополучия.

Изменения состояния здоровья необходимо анализировать по данным статистических форм, принятых в практике здравоохранения. В первую очередь это форма Ф-12 – отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения, и форма Ф-31 – отчет о медицинской помощи детям и подросткам-школьникам.

Вся эта обширная по объемам информация наиболее эффективным образом может собираться, храниться, обрабатываться и анализироваться с помощью ГИС-технологий.

### **6.3. Организация информации для включения в блок здоровья ГИС экологии г. Вологды**

#### *6.3.1. Методика обработки данных о заболеваемости*

На этапе формирования блока «Здоровье» ГИС экологии г. Вологды нами разработана методика обработки данных о заболеваемости, на базе которой можно проводить анализ состояния здоровья населения в различных районах.

Оценка степени напряженности медико-экологической ситуации в городе проводилась на основе сведений о показателях здоровья детей, как наиболее подверженных риску заболевания. Для формирования базы данных заболеваемости создан цифровой слой, характеризующий состояние здоровья детского населения (до 14 лет) в различных районах города. Такой выбор связан и с тем, что

дети являются контингентом, наименее подверженным миграции. Следовательно, они испытывают самое сильное влияние экологии непосредственно в районе своего проживания, что повышает достоверность информации.

Исходными материалами для создания слоя послужили табличные статистические данные детских поликлиник Вологды. В качестве элементарных информационных блоков использовались сведения по терапевтическим участкам, входящим в ту или иную поликлинику и отражающим уровень заболеваемости детского населения – вплоть до отдельных кварталов и домов.

Методика обработки данных заключалась в оцифровке точек, соответствующих расположению домов на участках поликлиник, с последующей привязкой к ним атрибутивных данных. Оцифровка производилась с помощью программы ArcView 3.1 (PC версия) по стандартной методике. Для ввода атрибутивных данных использовалась также программа Microsoft Excel.

Для нахождения местоположения каждой точки по ее адресу привлекались планы г. Вологды масштабов 1:10 000 и 1:20 000, а также ее атлас с картами в масштабе 1:10 000. Для удобства привязки точек в процессе цифрования использовались следующие электронные карты (слои) г. Вологды, созданные ранее в формате ARC/INFO: городская застройка, реки и озера, автодороги, железные дороги.

Полученное цифровое покрытие включает в себя точки, соответствующие расположению участков пяти поликлиник: № 2 – 5 и поликлиники Вологодской линейной больницы (ВЛБ) [81]. Всего оцифровано 2305 точек, что соответствует 63 педиатрическим участкам из имеющихся в городе 98 (табл. 6.1). Отсутствие полноты информации объясняется недостатками статистического учета, который ведется иногда не по стандартной методике и не охватывает все участки поликлиник.

**Таблица 6.1. Общие данные по детским поликлиникам г. Вологды, включенные в картографический слой «Здоровье»**

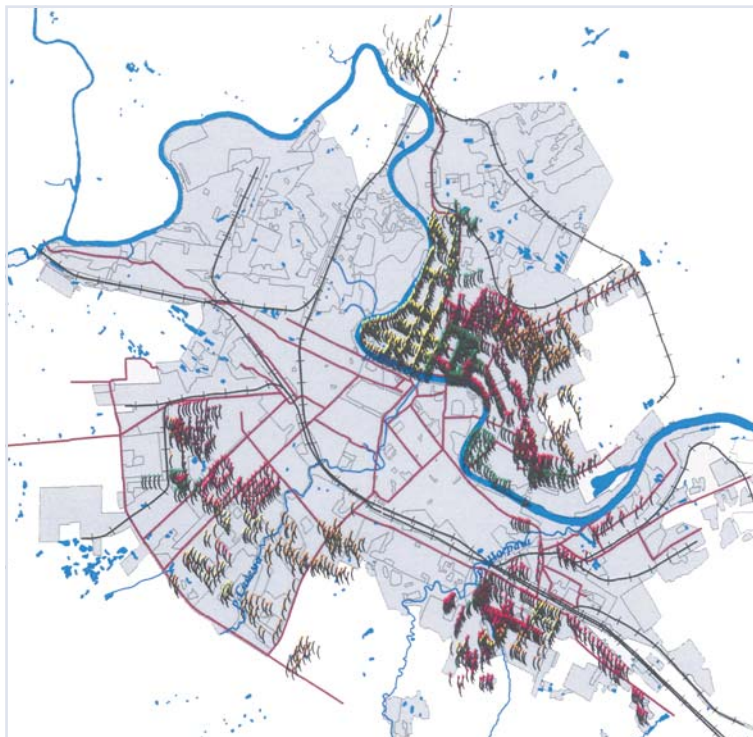
№ поликлиники	Количество участков	Число зарегистрированных случаев заболеваний (1997 г.)	
		всего	на 1000 детей
2	19	23 464	1 732,2
3	12	15 611	1 699,0
4	14	24 471	2 296,6
5	8	н/д	1 360,0
Поликлиника ВЛБ	10	15 593	2 475

В таблицу атрибутов для каждой пространственной точки были внесены данные по следующим заболеваниям, выбранным по принципу наибольшей зависимости от экологической ситуации:

- 1) дыхательные аллергии;
- 2) поражения центральной нервной системы;
- 3) инфекционные заболевания;
- 4) новообразования;
- 5) болезни эндокринной системы;
- 6) болезни кроветворных органов;
- 7) болезни кожи и подкожной клетчатки.

В качестве показателя заболеваемости по всем классам болезней было выбрано количество заболевших на 1000 детей соответствующего возраста. Этот показатель позволяет проводить сравнение степени заболеваемости на разных по количеству детей участках, а также в различных по численности населения городах и пунктах. В таблицу атрибутов внесены сведения о заболеваемости по трем возрастным группам детей: до 3 лет, от 4 до 6 лет и от 7 до 14 лет, согласно данным за 1997 г., а также об общем количестве заболевших детей в возрасте от 1 до 14 лет. Именно этот интегральный показатель, как наиболее информативный с нашей точки зрения, использовался для построения карт пространственного распределения заболеваемости в городе [81]. На основе созданного картографического слоя участков поликлиник и таблицы атрибутов было составлено 7 электронных карт (рис. 6.2 и 6.3; цв. вклейка) на каждый из названных выше видов заболеваний.

**Рис. 6.2. Заболевания дыхательной системы детей в возрасте до 14 лет в г. Вологде (за 1997 год)**



**Условные обозначения**

- уровень заболеваемости  
(количество случаев заболевания на 1000 детей)

( 8,0 - 22,9

( 23,0 - 40,4

( 40,5 - 51,0

( 51,1 - 82,0

( 82,1 - 214,5

 Жилая застройка

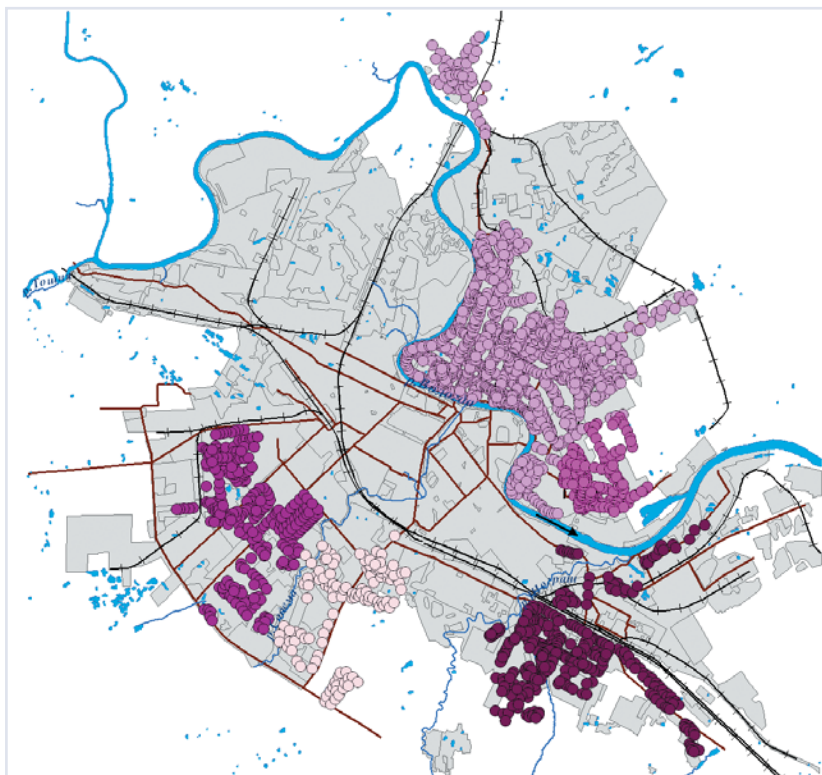
 Железные дороги

 Автомобильные дороги

 Гидросеть

 Реки

**Рис. 6.3. Заболевания кроветворных органов и крови у детей в возрасте до 14 лет в г. Вологде (за 1997 год)**



**Условные обозначения**

- уровень заболеваемости  
(количество случаев заболевания на 1000 детей)

- 0
- 0,1 - 4,4
- 4,5 - 6,2
- 6,3 - 24,2
- 24,3 - 48,8

- Жилая застройка
- +— Железные дороги
- Автомобильные дороги
- Гидросеть
- ~ Реки

В базу данных введены также коэффициенты превышения относительного минимального значения каждого показателя, полученные путем деления количества заболевших детей на данном участке на минимальное значение этого показателя по всем исследуемым педиатрическим участкам поликлиник г. Вологды. Подобное нормирование необходимо для сопоставления локальных данных с региональными и федеральными.

### *6.3.2. Анализ пространственного распределения показателей заболеваемости детей в г. Вологде в зависимости от экологической обстановки*

Проведенный визуальный анализ и сравнение карт пространственного распределения разных показателей заболеваемости показывает их достаточную несхожесть. По преобладающему числу параметров трудно выделить однозначно благополучный или неблагополучный район. Например, в районе поликлиники Вологодской линейной больницы очень высок уровень новообразований и в то же время отмечаются низкие показатели эндокринных заболеваний. В районе поликлиники №2 высокое число зарегистрированных заболеваний кроветворных органов сочетается с благоприятной ситуацией по заболеваниям кожи и подкожной клетчатки и т.д.

Очевидно, что сложность визуального анализа при многокомпонентности факторов оценки экологической ситуации (в нашем случае – это большое количество классов болезней) диктует необходимость обобщения информации. Такое обобщение было сделано путем формирования таблицы уровней заболеваемости по всем исследуемым районам поликлиник г. Вологды (табл. 6.2).

Уровень заболеваемости рассчитывается с помощью компьютера по 4-балльной шкале: 1 балл соответствует низкому показателю болезненности детей, а 4 – самому высокому. Суммарный балл, полученный сложением баллов по всем видам болезней (без весовых коэффициентов), представлен в последней графе таблицы и характеризует



**Таблица 6.2. Уровень заболеваемости детей (в баллах)  
по районам поликлиник г. Вологды**

№ поликлиники	Уровень заболеваемости (в баллах)								Сумма баллов (1-3)	Сумма баллов (1-7)
	Дыхательные аллергозы (1)	Поражения ЦНС (2)	Инфекционные болезни (3)	Новообразования (4)	Болезни эндокринной системы (5)	Болезни крови (6)	Болезни кожи и подложной клетчатки (7)			
2	3	3	2	3	3	3	1	8	18	
3	2	1	2	1	2	1	2	5	11	
4	4	4	4	2	4	4	4	12	26	
5	3	4	3	-	-	-	-	10	-	
ВЛБ	3	3	3	4	1	2	3	9	19	

уровень заболеваемости детского населения по совокупности характеристик. Предыдущая графа показывает сумму баллов по трем первым классам болезней. Данный ряд сохраняет ту же тенденцию к изменению, что и сумма баллов по всем семи классам заболеваний, и это дает возможность рассматривать суммарный показатель по трем классам заболеваний как достаточно репрезентативный.

В результате совместного анализа электронных карт заболеваемости детей экологически зависимыми болезнями с серией карт, характеризующих состояние окружающей среды города, обнаружена очевидная зависимость уровня заболеваемости детей от наличия и соотношения неблагоприятных и благоприятных экологических факторов:

- ⇒ густоты автомобильных и железных дорог;
- ⇒ близости крупных предприятий – источников загрязнения;
- ⇒ интенсивности и токсичности атмосферных выбросов;
- ⇒ наличия зон экологической напряженности;
- ⇒ плотности жилой и промышленной застройки;
- ⇒ близости зеленых насаждений и др.

На основе анализа зависимости суммарного уровня заболеваемости от экологических факторов проведено разделение городских территорий на удовлетворительные, относительно напряженные и существенно напряженные по уровню детской заболеваемости.

*Существенно напряженным является район, контролируемый поликлиникой № 4, расположенный в юго-восточной части города. Здесь зарегистрирован наивысший интегральный показатель заболеваемости – 26 баллов. Причем уровень заболеваемости, классифицируемый как «очень высокий» (черный цвет точек на картах), наблюдается в этом районе по подавляющему большинству классов болезней. Печальное лидерство юго-восточного района по количеству нездоровых детей хорошо коррелирует с неблагоприятными экологическими факторами. В самом центре района расположена ТЭЦ, которая относится к крупнейшим загрязнителям г. Вологды. Здесь же зарегистрированы максимальные валовые выбросы в атмосферу, соответствующие 3 баллам по 3-балльной шкале (см. рис. 5.2), и самая высокая в городе доля промышленной застройки – до 65% площади района [80]. Район поликлиники №4 входит в зону значительной экологической напряженности, вызванной деятельностью промышленности (см. рис. 4.1). Неблагоприятную экологическую картину завершает значительное количество авто- и железных дорог и отсутствие крупных массивов зеленых насаждений [80].*

*Удовлетворительным по совокупности показателей детского здоровья оказался район поликлиники №3. Суммарный уровень заболеваемости в нем (11 баллов), являясь минимальным для города, примерно в 2,5 раза ниже, чем в вышеуказанном районе, причем по всем классам болезней здесь отмечаются низкие или средние показатели (1 – 2 балла) и ни один вид заболеваний не достигает высокого уровня. Такая картина также согласуется с экологической обстановкой, поскольку этот район расположен в восточной части города и попадает в основном в зону умеренной экологической напряженности, связанной с жилой застройкой, доля которой не слишком велика – менее 48%. На его территории нет крупных предприятий*

и промышленных зон [79,80]. Железная дорога проходит за пределами района, а интенсивность автомобильного движения не столь велика, как в центре города. Отсутствие эпицентров атмосферных выбросов и близость обширных участков зеленых насаждений тоже являются положительными моментами для здоровья населения. На западе район поликлиники №3 граничит с самым большим из городских парков – парком Мира, который относится к единственному рекреационному природно-хозяйственному району областного центра (см. рис. 4.1). На северо-востоке исследуемой территории расположен крупный лесной массив, также играющий роль природного очистителя воздуха.

*Районы поликлиник №2 и Вологодской линейной больницы Водников* занимают промежуточное, среднее, положение по суммарному уровню заболеваемости (18 и 19 баллов) и *определяются как относительно напряженные*. Показатели по отдельным болезням колеблются здесь от низких (1 балл) до высоких и очень высоких (3 – 4 балла). На наш взгляд, интересен тот факт, что многие общие характеристики исследуемых экологических факторов в этих двух районах совпадают и они находятся на промежуточном уровне между рассмотренными выше удовлетворительным и существенно напряженным районами города. Так, обе территории частично располагаются в зонах умеренной и значительной экологической напряженности и относятся к районам со средней долей жилой (37 – 48%) и промышленной застройки. Сходство этих территорий обнаруживается и в непосредственной близости к ним промышленных предприятий, попадающих в список крупнейших загрязнителей города: завода «Северный Коммунар» (район поликлиники Вологодской линейной больницы Водников) и ЗАО «Вологодский подшипниковый завод» (район поликлиники №2). Кроме того, оба района подвержены воздействию очагов валовых выбросов

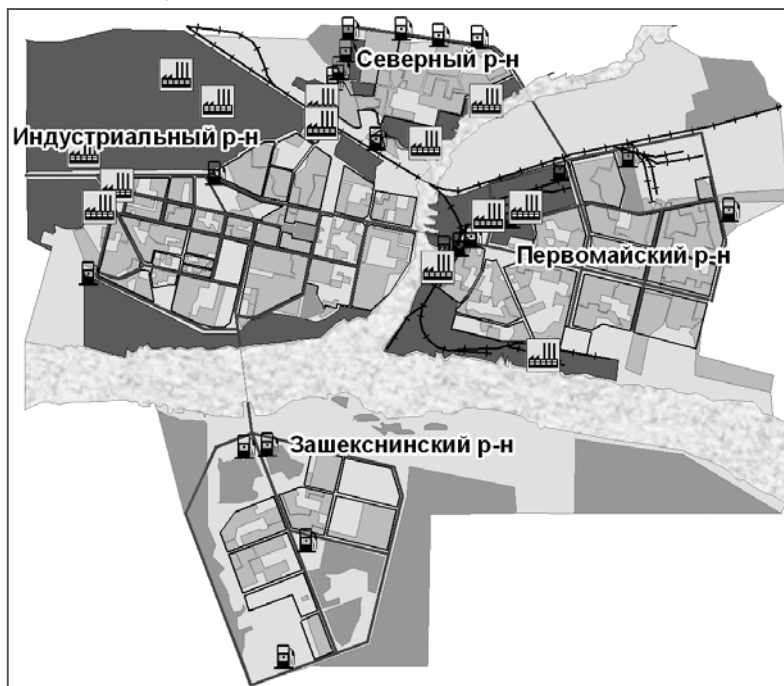
в атмосферу среднего диапазона – 2 балла по 3-балльной шкале, или 100 – 500 т/год. Напомним, что в выявленных нами удовлетворительном и существенно напряженном районах эти характеристики равны одному и трем баллам соответственно. Таким образом, «средние» по медицинским показателям участки и здесь занимают промежуточное положение. И наконец, оба района находятся вдали от крупных лесных и парковых массивов, зеленые насаждения на их территории встречаются лишь небольшими фрагментами.

### *6.3.3. Анализ пространственного распределения показателей заболеваемости детей в г. Череповце*










Предложенная методика обработки статистической информации и анализа пространственного распределения показателей заболеваемости детей была опробована на примере г. Череповца, где высока концентрация предприятий металлургической и химической промышленности. В первой половине 90-х годов прошлого века город был отнесен к зоне чрезвычайной экологической ситуации. Особенно неблагоприятными экологическими факторами являются: значительные по объемам токсичные выбросы предприятий промышленности и автотранспорта в атмосферный воздух, токсичные стоки в поверхностные и подземные воды, загрязнение почв тяжелыми металлами, бытовые и промышленные свалки. Кроме того, промышленные зоны занимают в городе большие площади и находятся в непосредственной близости от жилых кварталов (рис. 6.4) [93].

В Череповце функционирует система санитарно-гигиенического мониторинга состояния атмосферного воздуха и здоровья детского населения с использованием данных детских поликлиник, станций скорой медицинской помощи, родильных домов, постов гидрометеостанций. В структуре детской заболеваемости ведущими являются заболевания органов дыхания – более 50% (острые

Рис. 6.4. Функциональное зонирование территории г.Череповца



Условные обозначения

	Промышленная зона		Крупнейшие загрязняющие предприятия
	Зеленая зона		Автозаправки
	Жилая застройка		Автомобильные дороги
	Незастроенная территория		Железные дороги
			Гидросеть

респираторные инфекции и другие болезни верхних дыхательных путей), а также болезни крови и кроветворных органов, инфекционные, болезни нервной системы, кожи, органов пищеварения. Наблюдается превышение средне-многолетних базовых уровней по аллергическим заболеваниям (дерматиты, бронхиальная астма) в детской возрастной группе 3 – 7 лет. По сравнению с Вологодой здесь

значительно выше частота врожденных пороков развития новорожденных, более чем в два раза выше показатели заболеваемости мочеполовой системы и почек, более высокая заболеваемость желудочно-кишечными болезнями [65].

Благодаря детальной информации, собранной по 84 педиатрическим участкам восьми поликлиник, удалось получить подробную картину пространственного распределения показателей заболеваемости – особенно по заболеваниям дыхательных органов, центральной нервной системы и мочеполовой системы, инфекционным заболеваниям. В отличие от г. Вологды, методика обработки данных заключалась в оцифровке не точек, а полигонов, соответствующих расположению домов на участках поликлиник. Для нахождения местоположения полигонов использовалась карта города масштаба 1:15 000. Всего оцифровано 84 полигона, что соответствует количеству участков (табл. 6.3).

**Таблица 6.3. Общие данные по поликлиникам, включенным в картографический слой «Здоровье»**

№ поликлиники	Количество участков	Число зарегистрированных больных детей по 4-м классам заболеваний (2000 г.)	
		всего	на 1000 детей
1	7	785	477
2	18	14 760	24 207
3	8	1 086	1 680
4	18	3 200	6 794
5	8	7 742	11 564
6	12	680	2 345
7	2	242	1 433
8	11	2 684	13 225

В таблицу атрибутов для каждого полигона были внесены номера поликлиник и участков, а также данные по следующим заболеваниям: дыхательной системы, поражениям центральной нервной системы; мочеполовой системы; инфекционным заболеваниям; болезням кровеносных органов; кожи и подкожной клетчатки. На основе картографического слоя полигонов и таблицы

Рис. 6.5. Заболевания дыхательной системы детей в возрасте до 14 лет в г.Череповце (количество заболевших на 1000 детей в 2000 г.)



**Условные обозначения**

Количество случаев заболеваний

- 0,0 - 50,0
- 50,1 - 126,2
- 126,3 - 1165,0
- 1165,1 - 1366,0

- Границы жилой зоны
- Автомобильные дороги
- Железные дороги
- Гидросеть

атрибутов составлено шесть электронных карт наиболее распространенных в городе заболеваний (рис. 6.5). В целях анализа пространственного распределения показателей заболеваемости, так же как и для г. Вологды, было проведено обобщение информации, с помощью балльной оценки, по основным районам города (табл. 6.4).

**Таблица 6.4. Уровень заболеваемости детей (в баллах)  
по районам г. Череповца**

Название района	Уровень заболеваемости (в баллах)							
	Дыхательные аллергии (1)	Поражения ЦНС (2)	Инфекционные болезни (3)	Болезни мочеполовой системы (4)	Болезни крови (5)	Болезни кожи (6)	Сумма баллов (1-4)	Сумма баллов (1-6)
Индустриальный	2	4	3	4	-	-	13	-
Северный	4	3	2	3	4	4	12	20
Первомайский	4	1	2	2	-	-	9	-
Зашекснинский	1	2	3	1	1	2	7	10

Сравнительный анализ полученной информации – составленных карт детской заболеваемости и карты функционального зонирования г. Череповца (см. рис. 6.4), а также параметров экологической обстановки позволил определить некоторые особенности в распределении различных заболеваний по территории города [65, 70, 93]. В результате удалось выявить **четыре района с различным уровнем детской заболеваемости: удовлетворительным, относительно удовлетворительным, напряженным и существенно напряженным.**

Такое деление совпадает с делением города гидрологической сетью на четыре района: Зашекснинский (расположен на юге города и обслуживается детской поликлиникой №6), Первомайский (расположен в восточной части и обслуживается детскими поликлиниками №5 и 7) и Индустриальный (расположен в западной части города и обслуживается детскими поликлиниками №1, 3 и 8).

*Существенно напряженным является Индустриальный район*, особенно его часть, контролируемая поликлиникой №8. Здесь зарегистрирован наивысший интегральный показатель заболеваемости по четырем классам болезней – 13 баллов. Причем уровень заболеваемости, классифицируемый как «очень высокий» (черный цвет полигонов на карте), наблюдается в этом районе по большинству классов болезней. Лидерство Индустриального



района по количеству больных детей хорошо коррелирует с неблагоприятными экологическими факторами. Территория поликлиники №8 примыкает к промплощадке ОАО «Северсталь», «Сталепрокатный завод», где в дни с неблагоприятными метеоусловиями содержание сероводорода превышает ПДК в 5,4 раза, фенола – в 4,9 раза, диоксида азота – в 3 раза, оксида углерода – в 6 раз, пыли – в 4 раза. Здесь же зарегистрированы максимальные валовые выбросы в атмосферу (400 тыс. т/год). Максимальные значения концентраций подвижных форм меди, хрома, никеля и цинка отмечены и на территории промплощадки ОАО «Северсталь», и примыкающей к ней жилой части. Тут же наблюдается большая концентрация в почве кадмия, марганца и свинца. Самая высокая в городе доля промышленной застройки – 65% его площади – зарегистрирована в Индустриальном районе. Непосредственно к его территории прилегает мусороперегрузочная станция, а неподалеку располагается городская свалка-полигон. Следует обратить внимание на значительную плотность городской застройки и высокий уровень шумового загрязнения в данном районе, что также увеличивает показатели детской заболеваемости. Неблагоприятную экологическую картину в Индустриальном районе завершает повышенная плотность автомобильных дорог и отсутствие крупных массивов зеленых насаждений.

*Северный район* (поликлиники № 5 и 7) характеризуется как напряженный. Суммарный уровень заболеваемости в нем – 12 баллов. Показатели заболеваний дыхательной системы в Северном районе превышают те же показатели в Индустриальном. Это, вероятно, связано с преобладанием на территории города южных ветров, которые сносят атмосферные выбросы от ОАО «Северсталь» в сторону Северного района. Суммарный уровень заболеваемости по шести классам болезней (20 баллов) в два раза превышает суммарный уровень баллов по Зашекснинскому району

(10 баллов). Северный район расположен в непосредственной близости от промышленных площадок таких предприятий, как ОАО «АЗОТ», «АгроЧереповец», «ФМК», «Спичечная фабрика» и др. Несмотря на то, что ОАО «Северсталь» непосредственно не прилегает к рассматриваемой территории, воздействие этого предприятия на ее экологию достаточно сильно. По территории района проходит железная дорога. Здесь располагается железнодорожная станция. На севере район прилегает к окружной автодороге с многочисленными автозаправочными станциями. Эти факторы обуславливают высокую детскую заболеваемость практически по всем классам болезней, сравнимую с заболеваемостью в Индустриальном районе. Доля промышленной застройки в исследуемом районе высока, но она меньше, чем в Индустриальном (40% площади района). Также надо отметить менее плотную, чем в Индустриальном районе, жилую застройку, близость к дачным участкам и зеленым массивам. Вероятно, эти факторы и смягчили медико-экологическую обстановку на территории Северного района.

*Относительно удовлетворительным* по совокупности показателей детского здоровья *оказался Первомайский район* (поликлиники №2 и 4). Суммарный уровень заболеваемости по четырем классам болезней составляет здесь 9 баллов. Из общей картины выпадают данные по заболеваниям дыхательной системы (4 балла) в поликлинике №2, которые оказались неожиданно высокими – сравнимыми с аналогичными показателями в Северном районе. Непосредственно к Первомайскому району примыкают промышленные зоны предприятия «Аммофос» и Судоремонтного завода, которые вносят небольшой «вклад» в загрязнение атмосферы (2% общего объема загрязнения воздушного бассейна). Из других неблагоприятных экологических факторов стоит отметить густую, разветвленную железнодорожную сеть и высокую плотность автомобильных

дорог и промышленной застройки (50% площади района). В качестве благоприятных факторов необходимо отметить достаточную удаленность от главного источника атмосферного загрязнения – ОАО «Северсталь» и невысокую плотность жилой застройки. На северо-востоке Первомайский район примыкает к дачным участкам и лесополосе.

*Удовлетворительным* по совокупности показателей детского здоровья *оказался Зашекснинский район* (поликлиника №6). Суммарный уровень заболеваемости в нем (7 баллов по четырем классам заболеваемости и 10 – по шести классам) является минимальным для города и примерно в два раза ниже, чем в Индустриальном районе, причем по всем классам болезней (кроме инфекционных – 3 балла) здесь отмечаются низкие или средние показатели (1-2 балла). По болезням дыхательной, мочеполовой системы и заболеваниям крови в районе сложилась благоприятная ситуация (по одному баллу.) Такая картина согласуется с экологической обстановкой. На территории Зашекснинского района нет крупных предприятий и связанных с ними промышленных зон. Железная дорога проходит за пределами района, а интенсивность автомобильного движения не столь велика, как в центре города. Близость обширных участков зеленых насаждений и лесных массивов, окружающих район со всех сторон, положительно влияет на показатели здоровья населения.

Для проведения более качественного анализа и выделения неблагоприятных в отношении уровня заболеваемости и смертности населения территорий, определения взаимосвязи «среда – здоровье» и прогнозирования динамики заболеваемости необходима организация медико-экологического мониторинга, т.е. системы постоянного наблюдения за изменениями экологической ситуации и влиянием ее на здоровье населения. Основным недостатком, не позволяющим проводить такой анализ на высоком

уровне, является отсутствие качественной информации – достоверной и полной, менее субъективной. Кроме того, необходимо анализировать показатели здоровья населения не менее чем за 5 – 10 лет. Разработанная методика дает возможность, при условии получения относительно качественной информации, провести районирование территории города по уровню экологической напряженности, что может способствовать определению реальной стоимости земли и жилья, внесению корректив в стратегию развития архитектурно-строительных мероприятий, увеличению площади зеленых насаждений в экологически неблагоприятных районах, санитарно-защитных зон вокруг экологически опасных промышленных предприятий, усилению природоохранных мероприятий, вынесению детских учреждений из экологически опасных зон и т.д.

Все это еще раз подтверждает необходимость присутствия блока «Здоровье» в ГИС экологии города в целях создания действенного механизма по проведению медико-экологического мониторинга и выявлению экологического риска ухудшения здоровья населения. В результате функционирования ГИС вырабатывается информационная основа – как для поддержки принятия решений в оперативном управлении средой обитания, так и в решении стратегических задач по оздоровлению медико-экологической обстановки на территории города.

## **ГЛАВА 7**

### **МЕСТО ГИС В ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Г. ВОЛОГДЫ**

#### **7.1. Современное состояние проблемы**

Необходимость совершенствования информационного обеспечения органов местного управления в области экологической безопасности населения обусловлена следующими причинами:

1. Сохраняются тенденции ухудшения показателей состояния здоровья населения города, и в особенности детского.

2. До настоящего времени не выявлены причины неблагоприятных экологических тенденций в городе, где нет исключительно вредных производств, опасных проблем в водоснабжении, охране здоровья и социальном обеспечении населения.

3. Не проводится комплексный географический и эколого-социальный анализ обстановки, которая сложилась во многих городах России, и в частности – в Вологде.

4. В советское и постсоветское время многие факты, отражавшие неблагоприятные техногенные процессы, возникавшие в различных регионах России, скрывались не только от общественности, но и от лиц, ответственных за принятие решений. В первом случае это было обусловлено соображениями соблюдения режима секретности,

во втором – попытками предприятий скрывать экологически опасные инциденты и процессы в целях избежания финансовых, политических и других санкций.

5. Система информационного обеспечения носила ограниченный и формализованный характер не только по причинам технического оснащения, но и в силу излишней бюрократизации органов передачи информации.

Однако главной причиной все же можно назвать отсутствие генеральной концепции по организации целостной и централизованной системы информационного обеспечения органов и ведомств полноценной и объективной информацией об экологическом состоянии территорий.

Сегодня поиск путей совершенствования системы информационного обеспечения сконцентрировался на направлении создания региональных ГИС. Этому способствует достаточно эффективный опыт формирования геоинформационных систем в различных странах мира и регионах России (см. гл. 1). ГИС становятся не только региональными, ведомственными, но и тематическими. Последнее направление, на наш взгляд, наиболее перспективно, поскольку по уровню генерализации информации и целевой ориентации оно сужает фронт задач до сферы информационного обеспечения экологической безопасности населения в конкретном регионе, городе, муниципалитете.

Для того чтобы определить место ГИС в организационной структуре управления и мониторинга состояния окружающей среды, следует выяснить:

а) способны ли органы управления принимать решения без полноценной, объективной и оперативной информации о состоянии окружающей среды подведомственной им территории;

б) удовлетворяют ли их существующие организационные системы и потоки информации и в какой мере;

в) в состоянии ли способы и методы существующего информационного обеспечения помочь в решении проблем комплексной оценки современной экологической обстановки в целях обеспечения экологической безопасности населения;

г) установлены ли причинно-следственные связи между воздействующими техногенно-антропогенными факторами и ответной реакцией природной среды и человека на внешнее воздействие;

д) располагают ли местные органы управления соответствующим материальным и интеллектуальным потенциалом для совершенствования системы информационного обеспечения.

По многим позициям большинство региональных руководителей, по нашему мнению, высказались бы отрицательно. В таком случае возникает достаточно актуальный вопрос: какой должна быть ГИС экологии для данного региона, города и каково ее место в организационной структуре управления?

Существующие варианты и схемы рассматривались нами в гл. 1, поэтому мы можем обсудить два основных сложившихся направления:

а) организация централизованных потоков всеобъемлющей информации в единый банк данных;

б) децентрализованный вариант, обеспечивающий решение спектра задач экологической безопасности на основе минимально достаточного объема информации, получаемой на обоюдных выгодных принципах информационного обеспечения от заинтересованных ведомств и предприятий.

Вследствие того что информационный продукт становится дорогостоящим товаром, заинтересованные стороны могут определить свои приоритеты не под давлением приказа, как это имело место в прошлом, а в силу общих экологических, равно как и экономических, интересов.

## **7.2. Исследование вариантов схем организационных структур управления охраной окружающей среды**

Для осуществления государством эффективного комплекса природоохранных мероприятий необходимо создание органов контроля за функционированием системы «производство – окружающая среда – здоровье населения». В качестве общегосударственных органов во многих странах мира обычно выступают специализированные министерства, агентства и федеральные управления [34]. Первые отвечают за формирование политики и координацию природоохранной работы, вплоть до ее реализации. В ряде стран получили распространение наряду с министерствами, постоянные консультативные органы (Финляндия, Голландия). Существуют и другие формы ответственности за выработку и реализацию природоохранной политики и координацию природоохранной деятельности.

При этом в природоохранной деятельности постоянно возрастает роль региональных и местных органов власти, на которые возлагается ответственность за практическое решение задач по охране окружающей среды:

- ⇒ разработка региональных программ природопользования;
- ⇒ контроль за состоянием окружающей среды в регионе;
- ⇒ региональное планирование и координация муниципальных планов и т.д.

Таким образом построена система охраны окружающей среды в США. При этом власти штатов, опираясь на директивы Агентства по охране окружающей среды (EPA), имеют право ужесточать, исходя из конкретных природных условий, федеральные стандарты, но не ослаблять их. Исполнительные органы муниципального уровня выдают разрешения на строительство новых объектов, издаются распоряжения и вводят запреты, проводят проверки, налагают штрафные санкции на нарушителей и т.д.

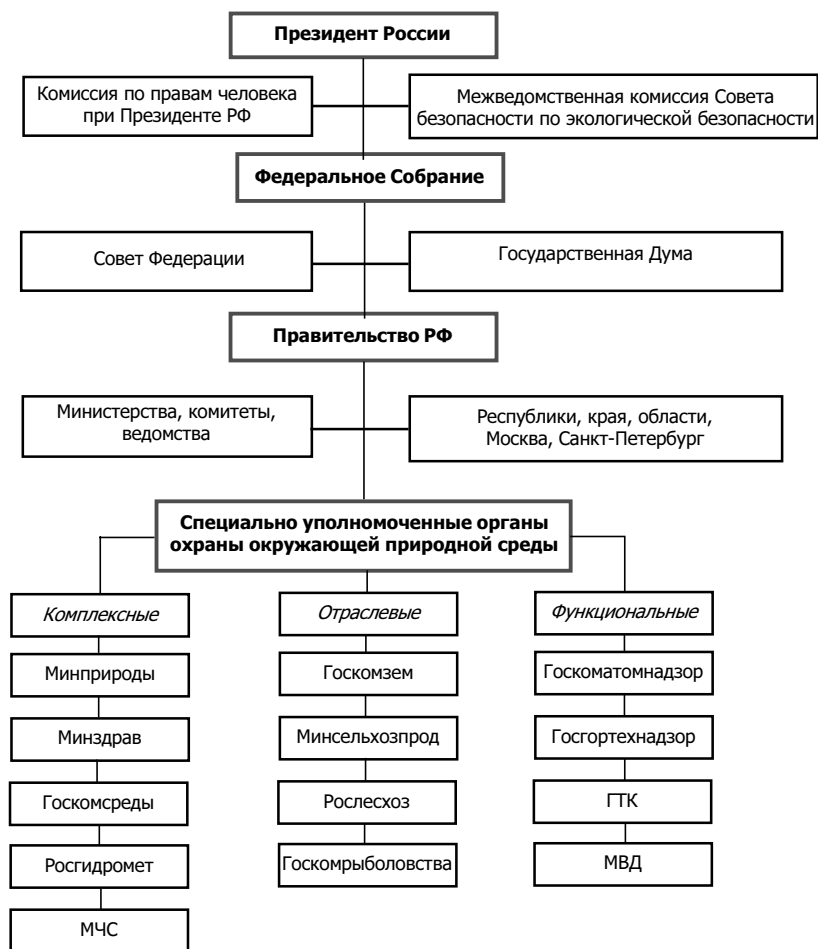


Отличительной особенностью управления водными ресурсами Великобритании является бассейновый принцип, который осуществляется с помощью региональных государственных органов многоцелевого назначения – управлений Англии и Уэльса. Сфера деятельности речных управлений включает вопросы водоснабжения, мелиорации земель, качества вод, выдачи лицензий на водозабор, введения системы налогообложения за водопользование и т.д. [34].

Во Франции под эгидой Министерства охраны окружающей среды имеется Агентство по качеству воздуха, которое способствует развитию воздухоохранной техники и технологии, контролирует качество воздуха, осуществляет налогообложение и сбор информации о загрязнении воздушного бассейна. Кроме того, созданы управления речных бассейнов, которые включают в свой состав представителей местной администрации, водопользователей муниципальных служб, общественных организаций. Эти управления имеют долгосрочные программы по обеспечению качества воды. Аналогичные многоцелевые системы с местной спецификой имеются и в других странах мира. Объединяет их одно – реализацию природоохранных задач осуществляют всегда органы регионального и местного уровня, опираясь на национальное законодательство.

Законом РФ установлена структура государственных органов управления России в области охраны окружающей среды, которая подразделяется на категории общей и специальной компетенции (рис. 7.1). К органам общей компетенции относятся Президент, Федеральное Собрание, Правительство, представительные и исполнительные органы власти субъектов Российской Федерации, а также муниципальные органы. К органам специальной компетенции принадлежат ведомства, уполномоченные Правительством России на выполнение соответствующих при-

Рис. 7.1. Органы экологического управления Российской Федерации



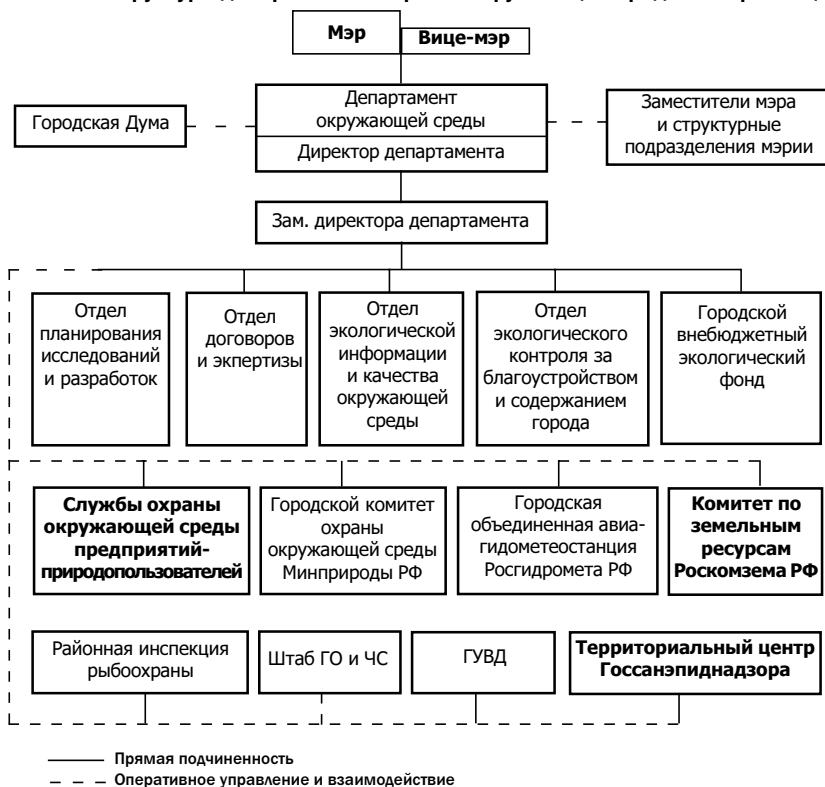
родоохранных функций. Они, в свою очередь, подразделяются на комплексные, отраслевые и функциональные. Первые выполняют крупные блоки природоохранных задач (Минприроды, Минздрав, Госкомсреды, Росгидромет, МЧС). Ко вторым относятся Госкомзем, Минсельхозпрод, Рослесхоз, Госкомрыболовства. В число функциональных входят такие органы, как Госатомнадзор, Госгортехнадзор,

Государственный таможенный комитет, МВД. Ряд органов исполнительной власти государства также решает вопросы охраны окружающей среды (Госстандарт, Госстрой, Министерство финансов и др.). По Конституции РФ природопользование, охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности являются общей компетенцией Федерации, ее субъектов и органов местного самоуправления. Разграничение полномочий осуществляется между ними по пространственному и ресурсовому признакам. Органы субъектов Федерации и местного самоуправления осуществляют полномочия в границах своих административно-территориальных образований.

Эффективность работы федеральных и местных органов значительно снижается из-за отсутствия единой научно обоснованной природоохранной политики, отсутствия законодательной базы, прежде всего на федеральном уровне, касающейся упорядоченности взаимоотношений между природоохранными организациями различных ведомств, действующих в пределах территорий, подведомственных органам местного самоуправления.

Представляется логичной разработанная для Вологодской области система РИАС (см. гл. 1) в качестве самостоятельного шага по нормализации и оптимизации взаимоотношений между местными ведомствами и органами управления в сфере охраны окружающей среды. Положительным можно назвать тот факт, что администрация области ищет пути централизации потоков геоэкологической информации на основе соответствующих распоряжений. Однако эта система в большей степени остается информационной, чем аналитической. В этом направлении, как представляется, необходимы более радикальные шаги. К положительным фактам на региональном уровне следует отнести также разработку по созданию банка решений научно-технических проблем, связанных с контролем воздушного бассейна и водных ресурсов для Чер-

Рис. 7.2. Структура департамента охраны окружающей среды г. Череповца



повецкого промышленного узла [93]. В целях повышения эффективности природоохранной работы отделом охраны окружающей среды для условий г. Череповца создана структура управления, при которой организационной основой стал департамент охраны окружающей среды, состоящий из четырех отделов (рис. 7.2). В оперативном подчинении руководителя департамента должны находиться все имеющиеся в городе природоохранные и другие организации в части контроля за состоянием окружающей среды. Внедрение данной структуры управления позволит передать департаменту часть функций территориальных органов Минприроды РФ, оставив за ними, главным образом, контрольные и методические функции [93].

### **7.3. Алгоритм принятия решений по оптимизации экологической обстановки в г. Вологде**

#### *7.3.1. Место ГИС экологии города в общей структуре региональных и муниципальных ГИС*

Обеспечение экологической безопасности промышленных городов, каковыми являются большинство городов России с населением 200 – 350 тыс. человек, – проблема многогранная, и в каждом регионе она характеризуется своей спецификой, обусловленной территориальными, социальными, природными и экономическими факторами. При решении проблем экологического характера на местах должно предусматриваться выполнение следующих задач:

- ⇒ оценка современного экологического состояния территории;
- ⇒ оценка интенсивности антропогенно-техногенной нагрузки на природно-территориальные и природно-хозяйственные комплексы данной территории;
- ⇒ оценка ответной реакции биоты и человека на внешнее воздействие;
- ⇒ обеспечение населения чистой водой и продуктами питания;
- ⇒ контроль за динамикой состояния окружающей среды города и его окрестностей (экологический мониторинг);
- ⇒ планирование мероприятий и выработка комплекса мер по оптимизации окружающей среды по всем составляющим ее элементам.

Сегодня геоинформационные системы признаны одним из наиболее адекватных времени средств информационного обеспечения задач управления в городе и регионе. Преимущества этих систем известны в мире: электронная база, оперативность, удобство интерфейса, возможность картографического оформления информации в электронном виде и т.п. Одним из преимуществ ГИС по

сравнению с традиционными формами организации и обмена информацией следует назвать возможность ее минимизации и предварительного анализа на основе единого места хранения, что позволяет ответственным органам быстрее принимать необходимые стратегические и оперативные решения.

Опыт использования геоинформационных технологий в различных регионах и городах России показывает, что у регионального руководства нет однозначного понимания стратегии и тактики организации электронных геоинформационных систем, поскольку часто обнаруживается тенденция создания тематических ГИС, ориентированных на решение частных задач. К таковым относятся задачи земельного кадастра, социальной сферы, распределения имущества и т.п. [18, 31]. Многокомпонентность проблем приводит к необходимости разработки новой структурно организованной информационной системы, так называемой муниципальной ГИС, в рамках которой параллельно разрабатываются тематические геоинформационные блоки (субсистемы) единой Региональной информационной аналитической системы [73, 111].

Муниципальные ГИС должны представлять собой организационно-техническую систему, реализующую взаимосогласованные действия подразделений и служб при принятии и выполнении решений на основе автоматизации информационных потоков в сфере управления территорией и хозяйством города. Данная система должна обеспечивать информационную поддержку решения таких типовых задач, как [73]:

- ведение дежурного плана территории города (обновление картографической основы);
- создание отраслевых кадастров и банков данных (земля, недвижимость, градостроительство, инженерные сооружения и пр.);

- экологический, санитарно-гигиенический и социально-экономический мониторинг;
- муниципальное планирование и развитие инфраструктуры территории;
- развитие строительства, инженерного обеспечения и коммунального хозяйства;
- управление природными ресурсами;
- обеспечение правопорядка, оперативного контроля и реагирования на чрезвычайные ситуации.

Муниципальные информационные системы могут быть централизованными и децентрализованными. В первом случае они включают в себя банки данных различного целевого назначения, объединенные под эгидой региональной администрации. Во втором – создаются специализированные ГИС различного направления (ГИС земельного кадастра, ГИС коммуникаций и транспорта, ГИС экологии и т.п.). Они могут находиться под административным контролем специализированных организаций, ведомств и объединений и иметь при этом унифицированный интерфейс по обмену информацией. ГИС экологии в этом случае выступает как специализированная система в рамках либо централизованной, либо децентрализованной муниципальной информационной системы. Она опирается и на собственную информацию экологического банка данных и базы знаний, и на информационные потоки смежных ГИС.

Импульс к развитию региональных информационных аналитических систем дало постановление Совета Министров РФ от 24.11.93 г. «О создании единой государственной системы экологического мониторинга». На основе этого документа 17.01.94 г. администрацией Вологодской области принято постановление о «Единой областной системе комплексного экологического мониторинга», основу которой составляет Региональная информационно-аналитическая система. Данное постановление

предусматривает «полное владение, пользование и распределение информации» [73] департаментом природных ресурсов и природопользования при администрации Вологодской области в целях эффективности информационного обеспечения процесса управления в сфере охраны окружающей среды и природных ресурсов. По существу этим документом регламентируется направленность, дискретность, форма предоставления и передачи информации, обмена между ее владельцами, природопользователями и областной администрацией (рис. 7.3).

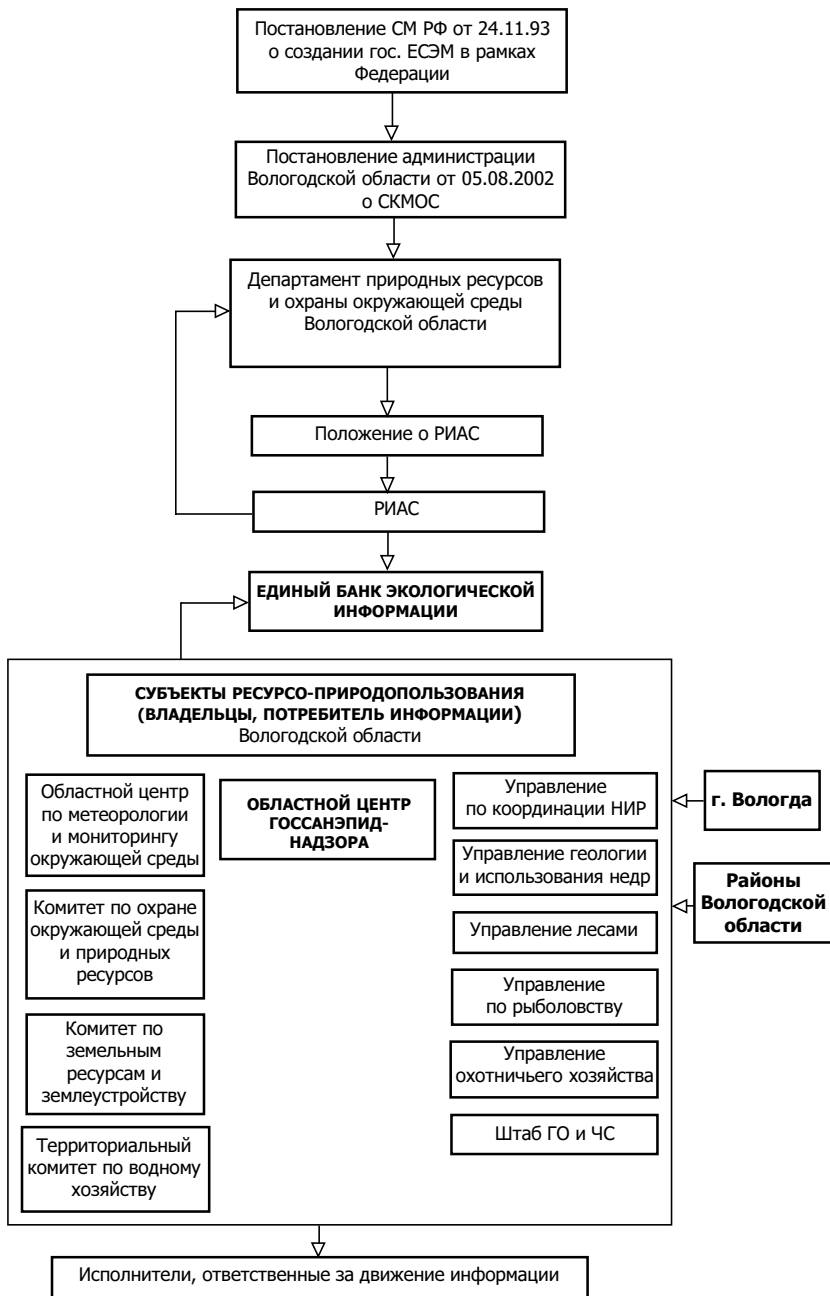
Этот документ получил дальнейшее развитие с утверждением Правительством области 05.08.2002 г. «Положения о системе комплексного мониторинга окружающей среды на территории Вологодской области (СКМОС)» [74]. Принятая система определяет принципы построения, состав, порядок выполнения задач и взаимодействия основных субъектов комплексного мониторинга окружающей среды и регламентирует движение потоковой информации.

Такие постановления на уровне области дают возможность учесть существующие потребности в информации на местах и в верхних эшелонах управления, за которыми сохраняется право принятия окончательных административных решений в вопросах собственности, экологической защиты населения, оперативного управления и т.п.

Естественно, что при описанной выше организации РИАС и единой областной СКМОС должна существовать как горизонтальная (ведомственная), так и вертикальная (иерархическая) структура движения и накопления информации. Ведомственная структура включает в себя организации областного и городского уровня – такие, как Центр государственного санэпиднадзора, Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, комитеты по земельным ресурсам и землеустройству, водного хозяйства, различные управления (геологии и исполь-



**Рис. 7.3. Структура обмена информацией в Вологодской информационно-аналитической экологической системе**



зования недр, лесов, рыболовства и т.д.). Элементарными (первичными) звеньями вертикальной структуры являются предприятия, хозяйства, пункты контроля и наблюдения за состоянием различных компонентов окружающей среды, т.е. владельцы первичной информации. Среднее звено этой структуры – различные ведомственные подразделения, которые обрабатывают и обобщают первичную информацию в виде связанных отчетов, организованных на основе нормативных баз (2ТП «Водхоз», 2ТП «Воздух» и т.д.), на уровне административных районов и городов. Областной центр имеет самостоятельную структуру, отражающую нужды крупной промышленно-городской агломерации, и выступает самостоятельным и равноправным субъектом.

Анализируя созданную структуру и принципы работы Региональной информационно-аналитической системы, можно отметить то, что она является в большей степени информационной в традиционном смысле этого понятия, в меньшей степени – электронной, соответствующей современному уровню ГИС-технологий, и, к сожалению, в ней плохо прослеживается аналитическая функция, облегчающая потребителю принятие решений.

Используя опыт организации РИАС и СКМОС, проекты, реализованные в некоторых городах России [18, 31], и наши методические наработки, целесообразно предложить подходы к организации муниципальной ГИС, включающей экологическую ГИС в качестве составной части.

Муниципальная ГИС является составной частью региональной (областной) информационной системы, хотя на первых этапах создается как самостоятельная. Интеграция возможна при получении эффективных результатов на локальном уровне. По структуре информационной БД муниципальная ГИС должна соответствовать СКМОС, но иметь свои особенности, связанные со спецификой городской среды. На природно-хозяйственные системы

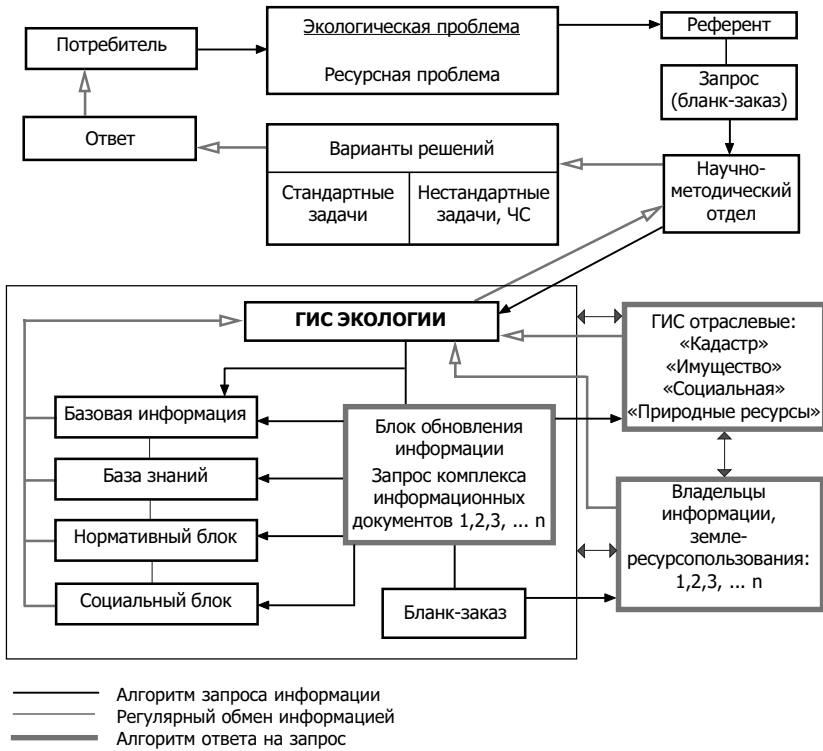
города приходится большая часть техногенной и антропогенной нагрузки, обуславливающей особую остроту экологических проблем. Таким образом, создание муниципальных ГИС представляется одной из важных задач в деле повышения эффективности управления городской средой.

Администрация, призванная решать практические проблемы обеспечения экологической безопасности населения подведомственного ей города, не располагает временем для детального анализа причинно-следственных связей между окружающей средой и обществом. Она, в силу ограниченности срока полномочий, в первую очередь вынуждена решать задачи текущие, ликвидировать уже накопившиеся неотложные проблемы и, по мере сил, учитывать и прогнозировать перспективу. На последнее, как показывает практика, времени остается очень мало. Поэтому лицам, ответственным за принятие решений, очень важно иметь подведомственный научно-методический (аналитический) отдел, который подготавливает информационный «продукт» с проектами оптимальных решений. Его производство должно базироваться на геоинформационной технологии с использованием информации, поступающей из банка данных, базы знаний, нормативного блока ГИС, социального блока ГИС, а также получаемой на основе данных, запрашиваемых от владельцев информации по природопользованию (рис. 7.4)

В оптимальном варианте решение долгосрочных, краткосрочных, чрезвычайных проблем в рамках города должно осуществляться на основе новой системы информационного обеспечения – муниципальной ГИС – комплексной геоинформационной системы, состоящей из взаимосвязанных и вместе с тем независимых тематических ГИС (рис. 7.5).

В составе тематических ГИС, согласно структуре региональных проблем, должны присутствовать:

**Рис. 7.4. Структура и алгоритм принятия решений с использованием ГИС экологии города**

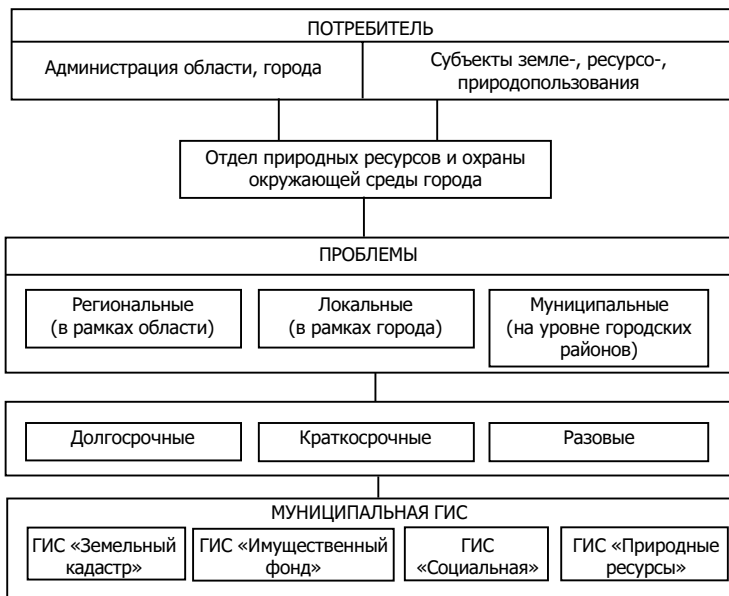


– ГИС «Земельный кадастр», содержащая информацию по инвентаризации, оценке и динамике государственной и частной земельной собственности;

– ГИС «Имущественный фонд», обеспечивающая информацию по инвентаризации, оценке и динамике имущественного фонда, фонда архитектуры, фонда национального достояния (памятники истории, природы и культуры);

– ГИС «Социальная» – с информацией о динамических процессах, происходящих в социальной сфере: миграции и сосредоточенности населения, проблемах социального обеспечения, образования, здравоохранения, правоохранных проблемах;

Рис. 7.5. Схема муниципальной ГИС и место ГИС экологии в ее структуре



– ГИС «Природные ресурсы», содержащая информацию по инвентаризации и оценке природных ресурсов, контролю за их использованием;

– ГИС «Экология», обеспечивающая информацию по контролю за состоянием природных ресурсов, динамике экологических процессов, оценке воздействия на окружающую среду проектируемых и строящихся объектов, экологической защите населения, геоэкологическому прогнозу.

Кроме приведенных на рис. 7.5 основных блоков тематических ГИС, при переходе на автоматизированные потоки информации представляется необходимым создание специализированных тематических ГИС, таких, как: «Промышленные предприятия», «Водоканал», «Предприятия теплосетей», «Право», «Налоги» и др.

ГИС «Экология» равноправна с другими системами в аспекте обмена информацией для решения смежных

отраслевых задач и приоритетна в случае обеспечения информацией потребителя при решении им собственных экологических проблем, в том числе и проблем экологической безопасности населения.

В целом проблемы, которые решаются в рамках региональных ГИС и ГИС города, могут носить и региональный (в рамках области или Федерации), и локальный (в рамках города), и районный или муниципальный (в рамках городских районов или других элементарных территориальных образований) характер. Региональная и муниципальная ГИС в любом случае должны быть обеспечены системой сетевой связи между ними и всеми звеньями вертикальной структуры в рамках установленного регламента.

При выборе стратегических подходов к формированию муниципальных ГИС было бы предпочтительным создание децентрализованного варианта такой системы. Это во многом упрощает задачи ее структуризации, во-первых, за счет поэтапного создания отдельных тематических блоков в зависимости от ведомственных интересов; во-вторых – постепенной адаптации смежных блоков к передаче информации и обмену информационными потоками. В-третьих, по мере наполнения частных баз данных должна постепенно вырабатываться концепция их централизации с учетом интересов всех сторон, в том числе владельцев информации и пользователей.

### *7.3.2. Алгоритмы принятия решений при реализации комплексных и частных задач*

Для того чтобы определить целесообразность использования комплексной информации, необходимо оценить эффективность предлагаемого варианта организации информационных потоков по сравнению с имеющим место в настоящее время традиционным информационным обеспечением органов, принимающих решения на уровне руководства города.

Система обеспечения информацией органов, ответственных за принципиальные решения в регионах, сохранилась со времен СССР и за последние годы, в большинстве случаев, только ухудшилась. Если в советское время, помимо традиционных, существовали политические рычаги получения информации, которые иногда обеспечивали условия для принятия оперативных решений, то сегодня не только сократились информационные потоки, но из-за нехватки средств, износа оборудования и отсутствия инвестиций снизилась полнота, качество и оперативность информации. В то же время изменилась система собственности, структура вертикальных и горизонтальных связей, трансформировалась законодательная база. Прежние организационные подходы к информационному обеспечению в настоящее время не приемлемы. Однако экологические проблемы сохранились, и их решение зависит от оперативности и оптимальности организации информационного обеспечения. На рис. 7.4 представлена возможная структура и алгоритм принятия решений с использованием ГИС экологии города.

Рассмотрим порядок выработки решения. Потребитель, сталкиваясь с той или иной ресурсной проблемой, дает поручение своему референту на подготовку запроса по интересующей его проблеме, который может иметь стандартный вид в форме бланка-заказа. Заказ поступает в научно-методический отдел ГИС экологии. Оператор ГИС в первую очередь обращается к блоку собственной базовой информации. Затем на основе подготовленного в стандартной форме запроса комплекса информационных документов обращается к отраслевым ГИС и владельцам первичной и оперативной информации. На основе полученных данных специалисты и эксперты научно-методического отдела составляют варианты проектов решений по стандартным и нестандартным задачам. По стандартным задачам обычно варианты решений известны, они

рассчитываются с помощью метода вероятностных графов событий. На основе таких расчетов разрабатываются тематические пакеты прикладных программ (например, по загрязнению вод, атмосферы и т.п.). Часто для принятия решения становится достаточным и обычного экспертного заключения, передаваемого в форме ответа потребителю.

Для нестандартных задач, или задач, связанных с чрезвычайными ситуациями, варианты решений разрабатываются заранее, вне зависимости от вероятности ожидаемого чрезвычайного события. В МЧС, как правило, перечни возможных чрезвычайных событий для малых и крупных городов и регионов разрабатываются с учетом местной специфики, и поэтому при создании баз данных ГИС экологии сценарии таких ситуаций должны быть сначала смоделированы.

#### **7.4. Примеры решения частных задач с использованием геоинформационных технологий**

Использование ГИС-технологий позволяет решать как комплексные, так и частные задачи по обеспечению экологической безопасности населения. Принцип работы следующий: на основе того или иного запроса из базы данных вызывается соответствующий пакет документов, осуществляется их анализ, в том числе и в картографическом виде, и на основе этого анализа готовится проект решения. Более подробно порядок решения стратегических и оперативных задач с помощью ГИС рассмотрен в главах 3 – 6.

Так, например, на основе комплексного анализа первичной картографической и текущей информации выделены экологически напряженные зоны бассейна р. Дулевки, нижнего течения р. Золотухи и р. Шограш (гл. 4). Если в мониторинговом режиме отслеживаются динамические показатели выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, ведется контроль за состоянием водной биоты, наземной растительности и здоровья населения (преимущественно



детского), то на основе такого анализа возможно отслеживание в автоматизированном режиме динамики экологической ситуации, что позволит своевременно принимать экологически необходимые решения (гл. 4, 5).

В результате наложения электронных слоев – рельефа, гидросети, овражно-балочной сети – возникает синтетический слой, с помощью которого можно определить структуру, направление стока и возможные критические зоны развития неблагоприятных эрозионных процессов. Другие варианты решения частных задач могут, например, быть направлены на организацию ливнесборной и канализационной сети. Так, положение городской свалки и очистных сооружений привязано к слабосточным депрессиям в восточной и юго-восточной перифериях города, где уровень грунтовых вод достаточно высок. При таких условиях загрязняющие вещества не удаляются из данного водосборного бассейна, что в целом является положительным фактором. Но для окрестного населения такая ситуация будет предельно опасной, поскольку местные пруды и водотоки используются для хозяйственных и рекреационных нужд, а ближайшие горизонты грунтовых вод – для хозяйственно-бытовых целей. Определение направления естественного стока с учетом городской инфраструктуры позволяет осуществить ряд решений по проектированию системы коллекторно-дренажной и ливнеотводной сетей.

При наличии информации о геохимическом и гидрохимическом составе загрязняющих веществ, поступающих со снеговыми, дождевыми паводковыми водами, возможен прогноз и решение задач по управлению качеством поверхностных вод.

Для принятия решения в области управления качеством атмосферы города необходимо интегрировать разнородные и разновременные данные о расположении источников загрязнения; о структуре и объемах выбросов; метеорологические данные для расчета условий переноса

и рассеивания примесей; цифровые модели естественного и антропогенного ландшафта местности (характеристики подстилающей поверхности: рельеф, высота, конфигурация застройки) с помощью математических моделей можно получить на выходе поля загрязнения атмосферы, характеризующиеся чрезвычайной изменчивостью во времени.

Геоинформационные технологии могут оказать существенную помощь в сборе, анализе и изучении данных о пространственно-временной структуре физических полей и составлении специализированных карт экологической обстановки – радиационного фона, шумового и электромагнитного загрязнения, раскрывающих физико-экологическую ситуацию в городе. Совместный анализ полученных карт и расположения источников физического загрязнения позволит определить наиболее опасные инженерно-технические объекты и выработать рекомендации по экологически обоснованному проведению градостроительных работ и проектированию инфраструктуры городского хозяйства [15].

Сопоставление данных по заболеваемости населения экологически зависимыми болезнями и районирование территории с выделенными экологически напряженными зонами позволяет выявлять причинно-следственные связи между комплексом неблагоприятных природных и антропогенных факторов и состоянием здоровья населения (гл. 6).

С помощью ГИС возможны также выделение водоохранных зон основных водотоков, корректировка границ санитарно-защитных зон предприятий, экологическое обоснование и экологическая экспертиза инженерных проектов по строительству и мелиорации территории и т.п. Решение стратегических задач, связанных с планом устойчивого развития города, тоже должно опираться на информацию экологической ГИС. При этом в основе работы лежит принцип комплексного территориального

ландшафтно-экологического анализа. В докомпьютерную эпоху такие разработки требовали больших затрат материальных, трудовых и временных ресурсов и нередко с трудом поддавались перепроверке из-за ограниченного доступа к исходной информации.

Без комплексного географического анализа невозможно выявить всю цепочку вероятных последствий, связанных с ухудшением экологической обстановки на данной территории. Нередко при принятии инженерных решений приходится «класть на весы» хозяйственную необходимость и экологическую целесообразность. Информация, поступающая в ГИС, даст возможность просчитывать, прогнозировать возможные сценарии освоения территории и их влияние на состояние окружающей среды.

Создание и использование ГИС экологии города поможет упростить решение широкого круга многофакторных проблем. Данная разработка направлена на поиск наиболее эффективной системы сбора, хранения, анализа и интерпретации потоков информации о состоянии окружающей среды на уровне города. Цель – программное и информационное обеспечение системы принятия органами управления и контроля оперативных и перспективных решений, направленных на обеспечение экологической безопасности населения.

## **Заключение**

Подводя итог, можно сказать, что геоинформационные технологии отвечают потребностям сегодняшнего дня в научно-исследовательском обеспечении принятия решений по управлению сложными системами, какими являются города с их населением, окружающей средой, промышленностью и инфраструктурой. Качество среды обитания как один из показателей качества жизни человека характеризуется параметрами, отражающими состояние здоровья людей и состояние экосистем, такими, как степень загрязнения воздуха, поверхностных и подземных вод, почвогрунтов и т.д.

Принимая во внимание известную истину, гласящую, что для сложных систем нет простых решений, следует развивать усилия по созданию муниципальной геоинформационной системы и, в ее составе, ГИС экологии города. Это подразумевает блоковую структуру ГИС и совместимость между ее тематическими составляющими. Такой подход дает основу для использования в полной мере наиболее яркой и сильной стороны ГИС – ее аналитических возможностей, а также упрощает задачи ее структуризации за счет поэтапного создания отдельных тематических блоков, исходя из ведомственных интересов, и постепенной адаптации смежных блоков к передаче информации и обмену информационными потоками. Кроме того, по мере наполнения частных баз данных должна постепенно вырабатываться концепция их централизации с учетом интересов всех сторон, в том числе владельцев информации и пользователей.

Главным организационным этапом на стадии предпроектной разработки ГИС экологии города остается детальный комплексный географо-экологический анализ территории и инвентаризация имеющейся у различных организаций и ведомств информации. Таким образом создается географическая модель территории. На основе принципиальной географической модели территории, отражающей взаимосвязи структурных элементов природно-хозяйственного комплекса, а также моделей структуры и пространственной организации природопользования формируется необходимый состав информационного обеспечения и функционирования ГИС. Логика формирования структуры информационного обеспечения ГИС строится в зависимости от целевой установки решаемых задач трех типов – выдачи справки о состоянии объектов контроля, анализа причинно-следственных связей, прогноза будущих состояний. Второй и третий типы задач, как более сложные, требуют создания соответствующих моделей взаимодействия, позволяющих поэтапно анализировать причинно-следственные связи между элементами природно-хозяйственной системы и разрабатывать структурную модель народнохозяйственных проблем. Так, для прогноза, в соответствии с разработанным алгоритмом, из блоков базы данных извлекаются документы, характеризующие конкретные свойства элементов и процессов в природно-хозяйственном комплексе, необходимые для составления прогноза.

Особенно важно выделить две составляющие информационного обеспечения ГИС. Первая – создание географической модели природно-хозяйственного комплекса территории (в качестве составной части которой подразумевается и экологический каркас города) и ее отражение в базе данных как сопряженного комплекса информационных документов, характеризующих статичную информационную модель объекта управления. Вторая

составляющая – формирование механизма обновления информации, обеспечивающего «введение» в ГИС динамической информационной модели, отражающей реальное функционирование и развитие природно-хозяйственных систем, т.е. временные «срезы» на базе мониторинга. Следующая стадия исследований, обеспечивающая выход ГИС на производственный режим, требует разработки алгоритмов производства конкретных выходных данных, ориентированных на задачи управления, а также алгоритмов тематической обработки в ГИС первичной текущей информации, включая дистанционную.

Алгоритм принятия решений с использованием информации ГИС экологии города предусматривает наличие «мозгового» – научно-методического отдела с хорошо организованным автоматизированным рабочим местом (АРМ) [69]. Управление работой всей системы АРМ должна осуществлять подсистема «Главного администратора» (см. рис. 3.2), отвечающего за разработку:

- ⇒ порядка сбора и обмена информацией со смежными ГИС или тематическими банками данных;
- ⇒ анализа и синтеза информации;
- ⇒ рекомендаций к проектам решений;
- ⇒ специального тематического моделирования ситуации для решения стандартных и нестандартных (чрезвычайных) задач;
- ⇒ методики оперативной экспертной оценки экологических ситуаций.

Поскольку геоинформационная система должна быть инструментом для лиц, принимающих решения, необходимо тесное сотрудничество между исследователями (разработчиками) ГИС и заказчиком, особенно в вопросах формулировки целей. Только восприятие цели как осознанной потребности дает основу для предсказания поведения социально-экономической системы

(т.е. города) под влиянием тех или иных управляющих действий, в том числе и по обеспечению экологической безопасности населения.

Вообще проблемам взаимодействия создателей ГИС, персонала по ее использованию и лиц, принимающих решения, следует отводить значительное место, поскольку опыт показывает, что только целевые ГИС, создаваемые под задачи определенных лиц, принимающих решения, жизнеспособны и имеют предпосылки к развитию.

В этой связи незаменима роль ЛПР в формировании целей как в процессе создания ГИС, так и в практической управленческой работе.

Как указывалось выше, ГИС необходима для того, чтобы многообразные и разноплановые данные о состоянии элементов окружающей среды на основе компьютерных прикладных программ и концепции комплексного географического анализа преобразовать в качественно новый тип информации, который позволил бы в оперативном режиме принимать научно обоснованные и экологически грамотные решения. Создание и ведение ГИС – процесс непрерывный, открытый и саморазвивающийся. Нельзя воспринимать ГИС как банк данных, в котором хранится все и обо всем. На основе обобщений и фильтрации поступающей информации формируются соответствующие блоки, которые постоянно пополняются и трансформируются. Поэтому на первом этапе ГИС должна быть создана на базе научно-исследовательского или учебного центра (например, ВНКЦ РАН или Вологодского государственного технического университета), где должна проходить ее обкатка и приведение в режим оперативной работы. Параллельно ГИС должна осваиваться в специализированных комитетах администрации г. Вологды. Уже сейчас апробирование ее проводится в отделе природных ресурсов. Впоследствии, посредством модемной связи,

синтетическая преобразованная информация может передаваться в соответствующие заинтересованные организации на уровне города и области. Основным видом выходной продукции при решении комплексных или частных задач должен быть картографический материал, сопровождаемый соответствующими численными и текстовыми характеристиками.

После завершения научно-аналитического этапа формирования и формализации географической модели территории и концепции создания ГИС следует остановиться на основных требованиях к рабочему проекту ГИС экологии как составляющей или самостоятельной части муниципальной ГИС. Эти требования сводятся к следующему:

- ⇒ разработка концепции создания ГИС экологии, адаптированной к условиям региона;
- ⇒ определение основных потребителей ГИС-продукции, перечня задач и экологических проблем;
- ⇒ законодательное обоснование процесса создания и функционирования геоинформационной системы (возможно на корпоративных началах);
- ⇒ организационное упорядочивание связей между потребителями и владельцами информации на муниципальном и федеральном уровнях;
- ⇒ определение и создание базовой организации (исполнителя), обслуживающей ГИС экологии и владеющей необходимым количеством квалифицированных кадров;
- ⇒ приобретение и использование программного и технического обеспечения, необходимого для создания современных ГИС-технологий;
- ⇒ определение основных источников финансирования на этапах предпроектной и проектной разработки, а также на стадии эксплуатации ГИС экологии в производственном режиме;



⇒ разработка организационной структуры ГИС в аспекте установления прямых и обратных связей и соподчинения (иерархии) в условиях сложившихся региональных и муниципальных экологических структур и органов местного самоуправления;

⇒ определение основных этапов внедрения ГИС с оценкой приоритетности решаемых задач и проблем, поскольку геоинформационная система есть система открытая и саморазвивающаяся.

Городская экосистема формируется на фоне постоянно трансформирующейся природной составляющей. Ее состояние находится в зависимости от воздействия не только постоянно меняющихся природных факторов, обусловленных динамикой региональных процессов естественного и технического характера, но и от оптимальности системы управления. Поэтому эффективный процесс управления и принятия решений в хозяйственной и природоохранной сфере становится определяющим в нормализации экологической ситуации на местном и региональном уровне и в конечном итоге – обеспечении экологической безопасности населения.

## Список использованных источников

1. Абрамов, В.П. Муниципальная геоинформационная система в Туле: поиск, проблемы, решения / В.П. Абрамов, С.В. Костин [и др.] // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1997. – №5 (12). – С. 60-61.
2. Агроклиматический справочник Вологодской области. – М.: Роскомгидромет, 1965. – 90 с.
3. Акофф, Р.А. Системы, организации и междисциплинарные исследования / Р.А. Акофф // Исследования по общей теории систем: сборник. – М.: Прогресс, 1969.
4. Аполлов, Б.А. Курс гидрологических прогнозов / Б.А. Аполлов, Г.П. Калинин, В.Д. Комаров. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
5. Банки географических данных для тематического картографирования. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 188 с.
6. Барышников, И.Н. Медико-географические аспекты оценки уровня здоровья населения и состояние окружающей среды / И.Н. Барышников, Е.П. Вишневский, С.В. Нагорный. – СПб., 1992.
7. Берлянт, А.М. Геоинформационная / А.М. Берлянт. – М., 1996. – 208 с.
8. Берлянт, А.М. Геоинформационное картографирование / А.М. Берлянт. – М., 1997. – 64 с.
9. Берлянт, А.М. Создание ГИС «Черное море» – результат международного сотрудничества / А.М. Берлянт, В.О. Мамаев, О.Р. Мусин, А.Р. Аллутдинов, И.В. Калинин // ГИС-обозрение. – 1997. – №1. – С. 38-41.
10. Берлянт, А.М. Геоинформационные технологии и их использование в эколого-географических исследованиях / А.М. Берлянт, О.Р. Мусин, Ю.В. Свентэк. – М.: Изд-во МГУ, 1993.
11. Богартс, Т. Общество по городским информационным системам и городские информационные системы в Европе / Т. Богартс // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1997. – №1 (8). – 11 с.
12. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты: в 2 т. – М.: ПАЙМС, 1997.
13. Волнистов, Д.В. ГИС «Промплощадка ФЭИ» / Д.В. Волнистов, Н.Д. Трофимов // Муниципальные геоинформационные системы: материалы конф., г. Обнинск, 1996 г. – Обнинск, 1997. – 180 с.
14. Компьютерные программы для экологов / НПП «Логус». – М., 2002. – 40 с.
15. Воробьева, Т.А. Изучение и картографирование физического загрязнения городской среды / Т.А. Воробьева, А.В. Краснушкин, А.А. Потапов // Вестн. Моск. ун-та. – 2005. – №4. – С. 35-39.
16. Воробьева, Т.А. Географическая концепция формирования геоинформационных систем для управления сельскохозяйственным производством / Т.А. Воробьева, В.С. Поливанов, Е.Б. Пospelова, Ю.Г. Симонов, И.Р. Спектор // Вестн. Моск. ун-та. – 1989. – №4. – С. 3-10.

17. Концептуальная схема функционирования ГИС, ориентированной на управление агропромышленным комплексом / Т.А. Воробьева, В.С. Поливанов, Ю.Г. Симонов, И.Р. Спектор // Геоинформационные системы с дистанционным потоком информации. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – С. 64-74.
18. Воробьева, Т.А. Структура и информационное обеспечение базы данных ГИС экологии города / Т.А. Воробьева, В.С. Поливанов, С.Г. Тушинский, М.М. Поляков // Вопросы региональной геоэкологии. – Вологда, 1997. – С. 143-160.
19. Геоинформатика: толковый словарь основных терминов / под ред. А.М. Берлянта и А.В. Кошкарёва. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
20. Геоинформационные системы с дистанционным потоком информации. Географическое обеспечение управления народным хозяйством / под ред. Ю.Г. Симонова. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 182 с.
21. Герасимов, А.П. Проблемы геодезического обеспечения городов России / А.П. Герасимов, В.О. Глушков, К.К. Насретдинов // Материалы ГИС-Ассоциации. – М., 1997. – С. 15-16.
22. ГИС «Иркутская область» // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1998. – №1 (13). – 60 с.
23. ГИС «Черное море» / под ред. А.М. Берлянта, В.О. Мамаева, О.Р. Мусина. – М., 1999. – 60 с.
24. Голубев, Г.Н. Геоинформационное и картографическое обеспечение экологических программ / Г.Н. Голубев, Н.С. Касимов, В.С. Тикуннов // Экология. – 1995. – №5. – С. 339-343.
25. Город-экосистема / Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев, М.П. Жидков [и др.]. – М.: ИГРАН, 1996. – 336 с.
26. Методические рекомендации по заполнению и ведению экологического паспорта промышленного предприятия: ГОСТ 17.0.0.04.90. – Л.: ЛДНТП, 1991. – 23 с.
27. Состояние природной среды Вологодской области: доклад / Областной комитет ООС и ПР. – Вологда, 1995; 1996; 1997; 1998.
28. Дружинин, Д.С. Проблемы систематологии / Д.С. Дружинин, В.В. Копторов. – М.: Советское радио, 1976.
29. Дынкин, А.М. ГИС «Волга» – территориальная информационная система регионального уровня / А.М. Дынкин, М.Е. Соломатин, Е.К. Никольский // ГИС-обозрение. – 1997. – №1. – С. 42-43.
30. Жуков, В.Т. Региональная геоинформатика / В.Т. Жуков, В.Е. Лазарев, А.Г. Косиков // К.А. Салищев и географическая картография. – М.: МЦ РГО, 1995. – С. 67-76.
31. Иванова, Т.Г. О проблеме создания и использования электронных карт города / Т.Г. Иванова // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1996. – №1. – С. 10-11.
32. Израэль, Ю.А. Радиоактивное загрязнение земной поверхности / Ю.А. Израэль // Вестник РАН. – 1998. – №10. – С. 898-915.

33. Израэль, Ю.А. Экология и контроль природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
34. Иошин, М.А. Обзор семинара в г. Ярославле по муниципальным ГИС 7-6 фев. 1996 г. / М.А. Иошин // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1996. – №1. – С. 10-18.
35. Капралов, Е.Г. Использование ГИС-технологий в субъектах РФ в 1998 г.: нормативно-правовая база, программно-аппаратное обеспечение, пространственные данные и услуги на рынке геоинформатики России: территориальный обзор // Приложение к «Информационному бюллетеню» ГИС-Ассоциации: ежегодный обзор. – Вып. 4. – М.: ГИС-Ассоциация, 1997. – 155 с.
36. Киесов, А.И. Особенности построения ГИС ОАО «Нижегородско-нефтегаз» / А.И. Киесов, Н.И. Асикарин // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1999. – №2(19). – 28 с.
37. Кимстач, В.А. Концепция системы экологического мониторинга России / В.А. Кимстач, Ш.Д. Фридман [и др.] // Метеорология и гидрология. – 1992. – №2. – С. 23-29.
38. Киселев, А.В. Оценка риска здоровью. Подходы к использованию в медико-экологических исследованиях и практике управления качеством окружающей среды / А.В. Киселев, И.Б. Фридман. – СПб., 1997.
39. Комплексная гигиеническая оценка степени напряженности медико-экологической ситуации различных территорий, обусловленной загрязнением токсикантами среды обитания населения: метод. рекомендации /2510/5416-97-32: утв. М-вом здравоохранения РФ 30.07.97. – М., 1997.
40. Коновалова, Н.В. Введение в ГИС: учеб. пособие / Н.В. Коновалова, Е.Г. Капралов. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского ун-та, 1995. – 160 с.
41. Костарев, С.В. Применение ГИС-технологий для оценки экологического состояния Омска / С.В. Костарев, В.К. Милованов // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1996. – №5(7). – 27 с.
42. Кошкарев, А.В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: учеб.-справ. пособие / А.В. Кошкарев; РАН; Ин-т географии. – М.: Изд-во ИГЕМ РАН, 2000. – 76 с.
43. Кошкарев, А.В. Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов. – М., 1993. – 213 с.
44. Купцова, А.В. ГИС Кабардино-Балкарской республики / А.В. Купцова, В.В. Перекрест // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1996. – №4(6). – С. 24-25.
45. Курбатова, А.С. Использование ГИС-технологии при проведении комплексного анализа экологических условий землепользования с целью разработки градостроительной документации и бизнес-планов / А.С. Курбатова, В.А. Волков // Муниципальные геоинформационные системы: материалы конф. – Обнинск, 1996. – С. 23-24.

46. Курбатова, А.С. Использование ГИС в целях оценки экологической ситуации и экологического проектирования / А.С. Курбатова, С.В. Маршев // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1996. – №4(6). – 35 с.
47. Кустов, М.В. Комплексная эколого-географическая характеристика урбанизированных территорий с использованием геоинформационных технологий (на примере г. Саранск): автореф. дис. ... к.г.н. / М.В. Кустов. – М., 2001.
48. Кочуров, Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: учеб. пособие / Б.И. Кочуров. – Смоленск: Манжета, 2003.
49. Линник, В.Г. Построение геоинформационных систем в физической географии / В.Г. Линник. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 90 с.
50. Лопатников, Л.И. Экономико-математический словарь / Л.И. Лопатников. – М.: Изд-во АБФ, 1996. – 701 с.
51. Лурье, И.К. Геоинформатика. Учебные геоинформационные системы / И.К. Лурье. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 115 с.
52. Лурье, И.К. Основы геоинформатики и создание ГИС ( Дистанционное зондирование и географические информационные системы) / И.К. Лурье; под ред. А.М.Берлянта. – ч.1. – М.: ИНЭКС-92, 2002. – 140 с.
53. Магомедова, А.В. Использование ГИС-технологий для прогноза гидроэкологических ЧС на Дагестанском побережье Каспия / А.В. Магомедова, М.К. Гаджиев, А.М. Оцоков // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1998. – №2(14). – С. 32-33.
54. Макаров, И.М. Игровое имитационное моделирование: труды IV Всесоюзного совещания по управлению большими системами / И.М. Макаров, В.Б. Соколов. – Алма-Ата, 1977.
55. Макаров, И.М. Целевые комплексные программы / И.М. Макаров, В.Б. Соколов, А.Л. Абрамов. – М.: Знание, 1980. – 135 с.
56. Малхазова, С.М. Медико-географический анализ территорий: картографирование, оценка, прогноз / С.М. Малхазова. – М., 2001. – 293с.
57. Малхазова С.М. Медико-географический подход к оценке кризисных экологических ситуаций / С.М. Малхазова, В.С. Тикунов. – М., 1993.
58. Маневский, А.А. Геоинформационная система «Байкал» / А.А. Маневский, И.П. Овчинников, Т.С. Базаров [и др.] // ГИС для изучения и картографирования окружающей среды: материалы междунар. конф. «Интернард-2». – Иркутск, 1996. – 1013 с.
59. Медико-экологическое районирование и региональный прогноз здоровья населения России. – М., 1996.
60. Медицинская география и здоровье: сб. науч. трудов. – Л.: Наука, 1989.
61. Методические указания по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – М.: Госкомгидромет СССР, 1988.

62. Муниципальные геоинформационные системы: материалы конф. – Обнинск, 1997. – 88 с.
63. Муниципальные ГИС: обеспечение решения экологических проблем / В.С. Поливанов, М.М. Поляков, Т.А. Воробьева [и др.]. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2000. – 149 с.
64. Муниципальные ГИС: обеспечение решения экологических проблем / В.С. Поливанов, М.М. Поляков, Т.А. Воробьева [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2001. – 162 с.
65. Нагорный, С.В. Основные задачи региональных эколого-гигиенических исследований критических медико-экологических ситуаций / С.В. Нагорный // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – Вып. 6. – М.: ВИНТИ, 1993. – 124 с.
66. О санитарно-эпидемиологической обстановке в г. Вологде и Вологодском районе: гос. доклад. – Вологда, 2003. – 100 с.
67. Основы геоинформатики: в 2 кн.: учеб. пособие / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв, В.С. Тикуннов [и др.]; под. ред. В.С. Тикуннова. – М.: Академия, 2004.
68. Разработка и исполнение условий комплексной программы «Экология г. Вологды»: отчет о НИР. – Вологда: НИБ ВГПИ, 1992; 1993; 1994.
69. Обобщение результатов разработки элементов ГИС экологии г. Вологды (второй этап): отчет о НИР: гос. регистрация № 02.2003.06449. – Вологда, 2003. – 87 с.
70. Парахонский, Э.В. Основы экологической политики индустриального города / Э.В. Парахонский, М.Э. Парахонский. – Вологда, 1997. – 295 с.
71. Поливанов, В.С. О принципах классификации антропогенных систем / В.С. Поливанов // Проблемы региональной экологии. – 1997. – №4. – С. 5-16.
72. Поливанов, В.С. Оценка антропогенной нагрузки и естественного самоочищения природно-антропогенных систем / В.С. Поливанов // Проблемы региональной экономики. – 1997. – №1. – С. 10-18.
73. Положение о региональной информационно-аналитической экологической системе Вологодской области (РИАС). – Вологда, 1996. – 53 с.
74. Положение о системе комплексного мониторинга окружающей среды на территории Вологодской области. Утв. правительством области от 05.08.2002 №486. – Вологда, 2002.
75. Поляков, М.М. Проблемы управления водопользованием / М.М. Поляков. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 2002. – 235 с.
76. Приваленко, В.В. Экологические проблемы антропогенных ландшафтов Ростовской области. Т.1. Экология города Ростова-на-Дону / В.В. Приваленко, О.С. Безуглова. – Ростов н/Д, 2003. – 290 с.
77. Приваленко, В.В. ГИС при эколого-геохимическом мониторинге г. Ростова-на-Дону. Современные геоинформационные технологии / В.В. Приваленко // Arcreview. – 2004. – №4(31). – С. 6-7.

78. Проблемы обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды: отчет о НИР: гос. регистрация № 01.9.80. 0 00482. – Вологда, 1997. – 112 с.

79. Проблемы обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды. Структура базы данных ГИС экологии города: отчет о НИР. – М.: МГУ, Географический ф-т, 1997.

80. Проблемы обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды. Структура блока обновления информации в геоинформационной системе экологии города: отчет о НИР: гос. регистрация № 01.20.0000703. – Вологда, 1998. – 126 с.

81. Проблемы обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды. Разработка элементов муниципальной ГИС экологии г. Вологды: отчет о НИР. – Вологда, 2000. – 85 с.

82. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.: ил.

83. Прохоров, Б.Б. Экология человека: учеб. для вузов / Б.Б. Прохоров. – М.: Академия, 2003.

84. Ревич, Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. Введение в экологическую эпидемиологию: учеб. пособие / Б.А. Ревич. – М.: МНЭПУ, 2001.

85. Ревич, Б.А. Оценка риска смертности населения России от техногенного загрязнения атмосферного воздуха / Б.А. Ревич, А.А. Быков // Проблемы прогнозирования. – 1998. – №3. – С. 147-162.

86. Рыбченко, В.Н. Ступени создания и развития ГИС г. Волгограда / В.Н. Рыбченко // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1998. – №5(17). – 39 с.

87. Садовский, В.М. Задачи, методы и предложения общей теории систем. Вступительная статья / В.М. Садовский, Э.Г. Юдин // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969.

88. Сербенюк, С.Н. Картография и геоинформатика: их взаимодействие / С.Н. Сербенюк. – М.: Изд-во МГУ, 1990.

89. Сергеев, Д.О. Использование геоинформационных технологий в природоохранной деятельности: практика и перспективы / Д.О. Сергеев, И.А. Уткина, С.В. Обридко, Т.Ю. Щагина, А.В. Явелов // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1998. – №3(15). – С. 32-33.

90. Симонов, Ю.Г. Региональный банк географических данных / Ю.Г. Симонов, Г.И. Барвынь // Вестн. Моск. ун-та. География. – 1981. – №4. – С. 24-39.

91. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Основные положения: СНиП II-102-97 / Минстрой России. – М.: ПНИИИС, 1997. – 43 с.

92. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения: СНиП II-02-96 / Минстрой России. – М.: ПНИИИС, 1997. – 43 с.

93. Создание банка решений научно-технических проблем контроля воздушного бассейна и водных ресурсов с повышением уровня использования сырья и отходов производства в Череповецком промузле: заключительный отчет о НИР / ВНКЦ ЦЭМИ РАН. – Вологда, 1996. – 196 с.

94. Соколов, С.В. Опыт применения расчетных программных комплексов экологической оценки территории на базе ГИС / С.В. Соколов, В.А. Браташов // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1998. – №1(13). – С. 60-61.

95. Соколов, Л.И. Технология утилизации отходов очистки бытовых и производственных сточных вод и комплексная оценка ее экологической безопасности / Л.И. Соколов, А.Н. Петров // Инженерные проблемы экологии: материалы Междунар. конф., г. Вологда, 8-10 июня 1993 г. – Вып. 1. – Вологда, 1993.

96. Сытник, А.С. Формирование муниципальной геоинформационной системы Обнинска на базе пакетов семейства ARC/INFO-ArcCAD, GIS View, Arc View / А.С. Сытник, О.М. Тихонов // Муниципальные геоинформационные системы: материалы конф., г. Обнинск, 1996 г. – Обнинск, 1997. – С. 32-33.

97. Тикунов, В.С. Моделирование в картографии / В.С. Тикунов. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 405 с.

98. Тикунов, В.С. Экологические информационные геосистемы и компьютерные карты. Комплексное экологическое картографирование (географические аспекты) / В.С. Тикунов; под ред. Н.С. Касимова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – С. 115-127.

99. Тикунов, В.С. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение / В.С. Тикунов, Д.А. Цапук. – Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. – 176 с.

100. Трофимов, А.И. Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей средой / А.И. Трофимов, М.В. Панасюк. – Казань, 1984. – 142 с.

101. Усачев, П.А. Проблемы обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды: препринт / П.А. Усачев, М.М. Поляков, В.Н. Корнилов. – Вологда: ВНКЦ ЦЭМИ РАН, 1995. – 34 с.

102. Филатов, Н.Н. Роль отдельных факторов среды обитания в изменении здоровья детского и подросткового населения Москвы / Н.Н. Филатов, О.И. Аксенова, И.Ф. Волкова [и др.] // Здравоохранение РФ. – 1998. – №5. – С. 27-29.

103. Цибульский, К.Р. Информационно-аналитическая система природных и социальных условий полуострова Ямал / К.Р. Цибульский, В.А. Беляков // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. – 1997. – №2(9). – С. 66-67.

104. Экогеохимия городских ландшафтов / под. ред. Н.С. Касимова. – М., 1995. – 396 с.



105. Экологическая обстановка в г. Калининграде Московской области: здоровье населения и окружающая среда / под ред. В.А. Волкова. – М., 1996. – 64 с.
106. Экология-2003: аналитический доклад о состоянии природной среды на 01.01.2004 г. / под ред. Е.А. Куликовой. – Вологда, 2004.
107. Экология города: учеб. пособие для вузов / редкол.: А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов (отв. ред.); Ин-т экологии города. – М.: Научный мир, 2004. – 620 с.
108. Эколого-географическое картографирование городов / В.З. Макаров, Б.А. Новаковский, А.М. Чумаченко. – М., 2002.
109. Энциклопедический словарь географических терминов. – М., 1982. – 435 с.
110. Ядычнов, Я.Я. Противоречия в территориальном управлении природопользованием, пути их преодоления / Я.Я. Ядычнов, Н.Ф. Зилиев, Н.Н. Диденко, Н.А. Петров, Е.В. Чечунова // Противоречия территориального управления в современной России: материалы конф., г. Екатеринбург, 1997 г. – М., 1998. – С. 106-112.
111. Янушкевич, В.Н. Информационные системы и САД-технологии в земельном кадастре и муниципальном управлении / В.Н. Янушкевич // Материалы ГИС-Ассоциации. – М., 1997. – С. 20-25.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**ВОРОБЬЕВА ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА**  
кандидат географических наук,  
доцент географического факультета Московского  
государственного университета им. М.В. Ломоносова



**ПОЛИВАНОВ ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ**  
кандидат географических наук,  
ведущий научный сотрудник географического  
факультета Московского государственного  
университета им. М.В. Ломоносова



**ПОЛЯКОВ МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ**  
кандидат технических наук,  
заместитель директора, заведующий отделом проблем  
природопользования Вологодского научно-  
координационного центра ЦЭМИ РАН

“...Несомненна идея необходимости создания экологической ГИС как составной части системы управления и мониторинга окружающей среды на уровне города Вологды. Этот вопрос актуален, и современное состояние экологических проблем, рано или поздно, неизбежно приведет к его реализации с использованием концепций, подобных предложенной...”

*Ведущий научный сотрудник  
Института географии РАН  
доктор географических наук,  
профессор Б.И. Кочуров*



“...Рецензируемая книга подводит итоги многолетних исследований и несомненно будет востребована специалистами в области управления, геоинформатики и решения экологических проблем...”

*Ведущий научный сотрудник  
Института географии РАН  
кандидат географических наук  
А.В. Кошкарев*