

**ВОЛОГДСКИЙ НАУЧНО-КООРДИНАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ЦЭМИ РАН
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ им. М.В.ЛОМОНОСОВА
АДМИНИСТРАЦИЯ г. ВОЛОГДЫ**



**МУНИЦИПАЛЬНЫЕ ГИС:
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**

**Вологда
2000**

ББК 20.1

М 90

Авторский коллектив:

В.С. Поливанов, М.М. Поляков (руководители коллектива),

Т.А. Воробьева, А.А. Жданов, Е.А. Красильников, И.В. Фадеева, А.С. Якуничев

Под научной редакцией кандидата технических наук М.М. Полякова

Рецензенты:

доктор географических наук Б.И. Кочуров

кандидат технических наук Н.И. Конончук

Муниципальные ГИС: обеспечение решения экологических проблем / В.С. Поливанов, М.М. Поляков, Т.А. Воробьева и др. — Вологодский научно-координационный центр ЦЭМИ РАН, 2000. — 149 с.

Рассмотрены основные принципы разработки геоинформационной системы по обеспечению экологической безопасности населения, которые основываются на исследованиях, проведенных в 1996–1999 гг. географическим факультетом МГУ и Вологодским научно-координационным центром ЦЭМИ РАН. Излагаются положения концепции по организации ГИС экологии г. Вологды, структура базы данных ГИС, ее функциональная схема. Вносятся предложения по улучшению работы системы управления, а также по алгоритму принятия решений с использованием ГИС-технологий. Впервые предлагается методика анализа и синтеза информации в виде синтетических карт специального районирования и зонирования, выполненных в автоматизированном режиме.

Работа рассчитана на работников городских муниципалитетов, ученых и специалистов, занимающихся геоинформационными системами для решения экологических проблем.

ISBN 5-93299-010-4

© В.С. Поливанов, М.М. Поляков и др., 2000

© Вологодский научно-координационный
центр ЦЭМИ РАН, 2000

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Загрязнение окружающей природной среды и условия водопользования в г. Вологде	10
1.1 Загрязнение атмосферного воздуха.....	10
1.2 Загрязнение водотоков и водоемов.....	11
1.3 Состояние донных отложений р. Вологды и почвогрунтов территории города	12
1.4 Опасные отходы производства	14
1.5 Водоснабжение.....	16
1.6 Характеристика зеленой зоны	17
1.7 Состояние окружающей природной среды и здоровье населения.....	20
1.8 Структура и организация деятельности по обеспечению экологической безопасности населения	22
2. Основные предпосылки к разработке концепции обеспечения экологической безопасности населения	25
2.1 Состояние современного информационного обеспечения существующей системы принятия решений	25
2.2 Пути совершенствования системы поддержки принятия решений	30
2.3 Опыт организации информационных потоков по оценке и динамике состояния окружающей среды городов	39
2.4 Геоинформационная система как механизм организации автоматизированного информационного обеспечения органов управления и научного анализа	50
3. Организационная структура базы данных ГИС экологии г. Вологды	56
3.1 Принципы разработки и структура базы данных.....	56
3.2 Блоковая структура базы данных ГИС	58
3.2.1 Базовая информация	59
3.2.2 Функциональная схема ГИС	65
3.3 Базовые элементы экологического каркаса.....	66
3.3.1 Естественный и антропогенный мезо- и микрорельеф.....	68
3.3.2 Почвы и растительность	69
3.3.3 Гидрографическая сеть	71
3.3.4 Климатические и погодные характеристики	72
3.3.5 Антропогенно-техногенный каркас.....	73
3.4 Динамические характеристики экологического каркаса (блок обновления информации)	77
3.4.1 Структура блока обновления информации	77
3.4.2 Факторы, определяющие динамику состояния природно-хозяйственных систем	79
3.4.3 Динамические параметры природного блока ГИС, их комплексы и регламент контроля	80
3.4.4 Динамические параметры хозяйственного блока ГИС, их комплексы и регламент контроля за состоянием природно-хозяйственных систем	83
3.4.5 Динамические параметры социального блока ГИС	85
3.5 Блок анализа и синтеза информации	87

4. Разработка синтетических экологических карт как организационная основа ГИС	89
4.1 Природно-хозяйственное районирование с определением экологически напряженных зон	89
4.1.1 Принципы районирования	89
4.2 Краткая характеристика природно-хозяйственных районов и структура экологических проблем внутри них	92
4.3 Карты антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения природной среды г. Вологды	98
4.3.1 Особенности поликомпонентного геоэкологического анализа	98
4.3.2 Количественная территориальная оценка комплексного экологического состояния г. Вологды	100
4.3.3 Современная и прогнозная оценка территории с использованием карт динамики состояния природных и хозяйственных элементов в целях экологической безопасности населения	102
5. Экологический мониторинг как составляющий элемент блока обновления информации ГИС экологии	107
5.1 Место экологического мониторинга в ГИС экологии и его специфика	107
5.2 Информационное обеспечение блока обновления информации ГИС	108
5.2.1 Принципы организации сети экологического мониторинга	109
5.3 Задачи контроля за состоянием природно-хозяйственных систем (ПХС)	112
5.3.1 Параметры и регламент контроля	112
5.3.2 Состав картографической и атрибутивной информации о динамике ПХС, параметры и регламент контроля	114
5.4 Принципы построения оценочных динамических карт в рамках ГИС экологии г. Вологды	115
5.4.1 Место и функции оценочных динамических карт в системе мониторинга	115
5.4.2 Карта загрязнения почв	118
5.4.3 Карта загрязнения снежного покрова	120
5.4.4 Динамические карты состояния природно-хозяйственных систем г. Вологды (опыт составления)	121
5.4.5 Технологическая специфика динамических карт	122
6. Место ГИС в организационной структуре управления и мониторинга окружающей среды г. Вологды	124
6.1 Современное состояние проблемы	124
6.2 Исследование вариантов схем организационных структур управления охраной окружающей среды	125
6.3 Алгоритм принятия решений по оптимизации экологической обстановки г. Вологды	129
6.3.1 Место ГИС экологии города в общей структуре региональных и муниципальных ГИС	129
6.3.2 Алгоритмы принятия решений при реализации комплексных и частных задач	136
6.4 Примеры решения частных задач с использованием геоинформационных технологий	138
Заключение	140
Список использованных источников	144

ВВЕДЕНИЕ

В РФ в настоящее время помимо федерального и регионального (субъекты РФ) уровней власти формируется власть местного самоуправления, задачей которой является реализация совместных интересов жителей в компактных территориальных образованиях.

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 должно обладать собственной компетенцией, в пределах которой эта власть самостоятельна.

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

Значительным шагом по пути реализации этих принципов явилось 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.

В структуре органов самоуправления можно выделить две составляющие: политическую и управленческую.

Политическая составляющая местной власти должна учитывать, что она является представителем собственного муниципального имущества и поэтому должна быть наделена правом устанавливать правила распоряжения этой собственностью, разрабатывать проекты развития территории и их реализации.

Управленческая составляющая – структура местной администрации. Эта власть, чтобы быть реальной, должна иметь достаточные для осуществления своих полномочий ресурсы, и не только финансовые и материальные, но и информационные. Последние особенно актуальны для городского управления, поскольку хозяйство города представляет собой сложную социально-экономическую систему, которую можно представить в виде совокупности большого количества подсистем, функционирующих в тесной взаимосвязи и 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 геоинформационные системы в настоящее время начинают занимать все более широкие позиции в системе местного управления. Обилие разного рода отечественного и зарубежного программного обеспечения предоставляет все 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 являются, 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. Особенно это связано с принятием решений по обеспечению экологической безопасности населения, оценкой современного состояния территории, выявлением напряженных зон, географическим прогнозом развития территории, а также с выработкой программы комплексного и целевого мониторинга, направленного на выявление динамических характеристик благоприятных и нежелательных процессов и явлений, 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, в которых 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 др. информации хранятся в несистематизированном виде в различных ведомствах, предприятиях, управлениях и т.п. 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 и 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 времени.

Как показывает практика, создание региональных ГИС сопряжено с рядом проблем, вызванных ведомственной изолированностью, эгоизмом, а также боязнью раскрывать свои ведомственные 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 гео-экологической 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 ре-

сурсы, 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:

- типовых ГИС в настоящее время не существует, каждая из них имеет свои региональные особенности и тематическое наполнение;

- разработка и проектирование ГИС – процесс постепенный и дорогостоящий, требует значительных затрат на приобретение технических средств и программного обеспечения;

- большинство из действующих ГИС на 80–90% несут в себе исключительно информационные функции и в малой степени – аналитические, оценочные, прогнозные;

- 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;

- 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 ГИС экологии города, который бы смог оптимально соответствовать интересам потребителей – людей, принимающих решения. В плане представления необходимой информации ГИС должна способствовать разработке вариантов управленческих решений на основе многокомпонентного географического анализа исходных данных.

Развитие научно-технического прогресса, культуры, общественной самодетельности горожан обуславливает необходимость профессионализма в управлении городским хозяйством. Необходимо, чтобы экономисты, правоведаы, социологи, экологи работали в управленческих структурах города и выступали в качестве одного из основных субъектов городского управления.

Важно использовать труд исследователей-профессионалов во всех уровнях и органах городского управления и в управленческом процессе. Профессионалы-ученые должны давать разработки по тем или иным на-

правлениям управленческой деятельности, привлекая лиц, принимающих эти решения.

Целью данного исследования является разработка авторского макета ГИС экологии 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 «Кадестр» и др.). Вместе с этим, только она в состоянии обеспечивать определенными блоками информации сопряженные подсистемы муниципальных ГИС.

Книга написана на основе результатов НИР, финансовую поддержку которой оказали Муниципальный экологический фонд г. Вологды и Миннауки Российской Федерации. Работа выполнялась в сотрудничестве ВНКЦ ЦЭМИ РАН, Вологодского государственного политехнического университета, кафедры рационального природопользования географического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, администрации города Вологды. Отдельные положения исследования разработаны в рамках программы «Университеты России. Фундаментальные исследования» – проект № 8-5119. Используются публикации по результатам исследований экологического состояния города, выполнявшихся учеными Вологодского государственного педагогического университета, института «Вологдаинжпроект», данные экологической службы области и города, службы Санэпидемнадзора, а также информация, предоставленная Управлением координации НИР и мониторинга администрации области. Авторский коллектив выражает благодарность О.М.Горшковой за помощь в подготовке монографии, И.С.Новоселовой, принимавшей участие в написании раздела 2.3.

1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В Г. ВОЛОГДЕ

1.1 Загрязнение атмосферного воздуха

В процессе производства и потребления на предприятиях и в организациях г. Вологды ежегодно образуется около 20000 т твёрдых, жидких и газообразных отходов, почти 60000 тыс. м³ загрязнённых стоков, содержащих свыше 17000 т веществ различной степени токсичности. Только на промышленных предприятиях образуется более 20 видов опасных отходов в количестве около 8000 т в год, из которых основная масса не утилизируется, а складывается на необорудованных ведомственных прудах-накопителях, на городском полигоне (свалке) вместе с хозяйственно-бытовыми отходами, сбрасывается в виде промышленных стоков напрямую или через систему городской канализации в естественные водоёмы и водотоки.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ (твёрдых, жидких и газообразных) осуществляют более 100 предприятий общим количеством почти 10000 т/год, из которых 16% приходится на долю твёрдых и 84% – газообразных. Выбрасываемая в атмосферу твёрдая фаза представлена веществами 43 наименований, а газообразная фаза – 59 наименованиями.

Характеристика выбросов основных загрязняющих веществ за 1994 г. представлена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Качественно-количественная характеристика выбросов
в атмосферу города основных загрязняющих веществ

Название вещества	Выброс, т/год	Название вещества	Выброс, т/год
Твердые:		Твердые:	
Пыль абразивная	6,6	Пыль коксовая	12,7
Аэрозоль сварочный	7,5	Пыль цементного производства	78,5
Нетоксичная пыль	319,9	Зола древесная	4,1
Ванадия пятиокись	4,5	Зола зерновая	52,6
Сажа	10,7	Газообразные и жидкие:	
Зола мазутная	97,6	Диоксид серы	1991,0
Пыль, неорганическая, содержащая 20-70% SiO ₂	73,9	Оксид углерода	3989,4
		Оксид азота	1750,0
Железо	2,2	Углеводороды (без ЛОС)	18,6
Зола торфа	123,5	Летучие органические соединения (спирты, ацетон, формальдегид и др.)	446,6
Пыль каменноугольная	356,9		
Пыль, содержащая > 70% SiO ₂ < 20% SiO ₂	62,9	Углеводороды предельные (C _n H _{n+2})	190,0
	27,8		
Зола углей	27,8	Гидроокись натрия	1,1
Пыль древесная	137,4	Минеральное масло	2,2
Пыль металлическая	10,2	Масляный туман	2,8
Зола углей ТЭЦ	222,9	Аэрозоль красок	1,4

Более половины всех загрязнений воздушного бассейна города связано с автотранспортом. На основных автомагистралях загрязнение воздуха по пыли, оксиду углерода, диоксиду азота, формальдегиду зачастую превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) по каждому ингрдиенту в 1,5–3 раза [39]. Доля этих загрязнений не уменьшается [16].

В таблице 1.2 помещены данные о максимальных разовых концентрациях вредных веществ в атмосферном воздухе по замерам на основных автомагистралях города.

Таблица 1.2

Максимальные разовые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе на основных автотранспортныхмагистралях г. Вологды

Годы	ПДК			
	Пыль	СО	NO _x	Формальдегид
1989	2,8	2,8	2,2	1,2
1990	2,5	5,0	1,3	3,7
1991	2,4	3,6	2,3	11,7
1992	5,7	4,7	3,3	2,1
1993	1,5	4,1	3,5	1,6
1995	>1,2	>1,2	>1,2	>1,2
1996	10	1,2	2,4	>1,2
1997	18	-	—	>2,3
1998	6,1	2,2	1,4	2,3

Пылевому загрязнению подвержена вся территория города. В среднем на 1 км² его территории из атмосферы выпадает до 30–60 т/год пыли. Кроме твёрдых частиц, атмосфера города также загрязнена (1–2 ПДК) такими опасными соединениями, как окислы азота, а также этилацетатом, стиролом, фенолом и формальдегидом.

1.2 Загрязнение водотоков и водоемов

Сточные воды, сбрасываемые в водотоки и водоемы города, включают хозяйственно-бытовые, промышленные и ливневые. Общегородские очистные сооружения совместно перерабатывают хозяйственно-бытовые и промышленные стоки менее двадцати предприятий. Однако эффективность их очистки низка. Так, вагоноремонтный завод сбрасывал в городской коллектор стоки, содержащие до 2000 мг/л сульфатов, 20 мг/л нефтепродуктов и имеющие ХПК до 300 мг O₂/л. С локальных очистных сооружений овчинно-меховой фабрики сбрасываются хром трёхвалентный – до 4–5 мг/л, нефтепродукты – до 30 мг/л, сульфаты, хлориды, превышающие согласованные сбросы в канализацию в 5–8 раз.

Общегородские канализационные очистные сооружения работают с перегрузкой. При мощности 150000 м³/сутки количество поступающих на них стоков достигает 200000 м³/сутки. Не производится обеззараживание и обезвоживание осадка, его утилизация, вследствие чего на низких отметках накопилось более 1 млн. т осадка, который в паводки частично смывается в р. Вологду. Кроме муниципального предприятия "Вологдагорводоканал", в черте города находится более 70 выпусков ливневых и промышленных стоков в рр. Вологду, Содиму (Золотуху) и Шограш. Только на двадцати предприятиях имеются локальные очистные сооружения сточных вод, из которых в проектном режиме работает менее 10.

Всего в бассейн р. Вологды сбрасываются сточные воды с различной степенью очистки из более 120 зарегистрированных выпусков. Объём сбросов вод в бассейне составляет 60 млн. м³/год, из них в пределах границ г. Вологды – 40 млн. м³/год. Объём сбросов загрязняющих веществ составляет, соответственно, более 20 и 17 тыс. т/год.

По осреднённым данным анализов степень загрязнения воды рр. Вологды и Тошни в створах водозаборов характеризуется от умеренной (по содержанию СПАВ, БПК₂₀, растворённому кислороду, железу) до чрезвычайно высокой по фенолам (р. Вологда) и высокой по бактериологическому загрязнению (р. Тошня). Ниже г. Вологды – высокое загрязнение фенолами, по БПК₂₀, содержанию железа и чрезвычайно высокое по бактериологии: индекс ЛКП – 2487690.

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

1.3 Состояние донных отложений р. Вологды и почвогрунтов территории города

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, т.е. на протяжении протекания реки по территории г. Вологды и ниже. В донных отложениях реки концентрация указанных ингредиентов в ряде случаев превышает фоновые значения в несколько раз. Общая площадь загрязнения 30-ти километрового участка р. Вологды равна 2100 тыс. м², а объём загрязнённого грунта составляет более 2 млн. м³ [43]. С учётом 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 снижении и прекращении сброса неочищенных сточных вод. Первым шагом может стать разработка проекта нормативов предельно допустимых сбросов загрязняющих ве-

ществ 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 свидетельствуют 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. 1.3), указывает на фактическую задержку основной их массы в верхнем 10–15 сантиметровом слое почвы, что свидетельствует об утрате городских почвами способности к самоочищению, а экосистемами города – к восстановлению экологического равновесия и естественной санации среды [39].

Таблица 1.3

Изменение концентрации тяжелых металлов (ТМ, мг/кг) в придорожной полосе почвы, Окружное шоссе в районе ПЗ-23 (кислотно-растворимые формы соединений)

Наименование ТМ	Расстояние от шоссе, м				
	5	10	15	20	25
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

Учитывая, что тенденция накопления тяжелых металлов в почвенном слое будет продолжаться, может возникнуть ситуация, при которой придется менять почвенный слой 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 зелёных насаждений и газонов на территории города.

В результате техногенного воздействия почвенный слой территории города почти повсеместно загрязнён такими тяжёлыми металлами, как Cu, Co, Zn, Pb.

1.4 Опасные отходы производства

На промышленных предприятиях г. Вологды образуется 20 видов опасных отходов в количестве около 8100 т в год (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Характеристика основных опасных отходов предприятий г. Вологды

Наименование отходов	Количество, т	
	образовано	утилизировано
Отходы гальванопроизводств	9	—
Нефтеотходы	4003	1354
Нефтешламы	848	1
Отработанные растворители	11	—
Ртутьсодержащие лампы	3	—
Отходы, содержащие хром шестивалентный	13	—
Отходы красок и эмалей лаков	13	—
Отработанные эмульсии и смазочно-охлаждающие жидкости	216	—
Списанные химреагенты	4	—
Смолы наклеечные	4	—
Отход регенерации эмульсий, смазочно-охлаждающих жидкостей	286	—
Шламы из ванн термообработки	2	—
Шламы сточных промышленных вод	5	—
Промасленные песок и опилки	37	—
Отходы оптического производства	43	43
Осадки очистных сооружений гальванического производства	54	—
Шламы и пыли пылегазоочистных установок	230	—
Шлам отстойников моечных машин	50	—
Иловый осадок флоратора	2	—
Шлифовальный шлам, шлам моечных машин термички	2264	—

Основными источниками образования опасных отходов являются: станкозавод – 50–60 т в год, завод “Электротехмаш” – 400 т в год, ОМЗ – 100 т в год, ВПЗ – более 15000 т в год.

Большая часть отходов не утилизируется, а складывается на необорудованных ведомственных прудах-накопителях, на городском полигоне (свалке) вместе с хозяйственно-бытовыми отходами, а также в виде про-

мышленных стоков напрямую через систему городской канализации сбрасывается в естественные водоемы.

Например, опасные отходы вывозятся на необорудованный городской полигон, расположенный в непосредственной близости от жилого района. Полигон эксплуатируется с 1955 г., не имеет дренажных каналов и давно исчерпал свои возможности. Если захоронение бытовых отходов решается путем строительства полигона в районе 24 км Пошехонского шоссе, то проблема складирования твердых промышленных отходов до настоящего времени не нашла однозначного решения.

Длительное время велось проектирование полигона промышленных отходов. Заказчиком от всех предприятий выступал ВПЗ, однако в 1992 г. он отказался от этой роли и своего участия в проектировании и строительстве. В то же время ВПЗ имеет собственный полигон промышленных отходов, расположенный на территории его промплощадки и не отвечающий санитарно-гигиеническим требованиям, на который он ежегодно вывозит для утилизации до 8500 т шлама и других твердых отходов.

Предприятия города предпринимают определенные организационные и технические меры по уменьшению образования отходов и их утилизации. На ВПЗ осуществлена частичная замена высокотоксичной хромсодержащей пасты на карбидтитановую, осуществляется регенерация эмульсий и смазочно-охлаждающей жидкости. На АО "Электротехмаш" налажена переработка пластмасс, а АО "Прогресс" осуществляет регенерацию ацетона, использует отходы ДСП для производства мебели. Около 10000 кубометров золошлаков Вологодской ТЭЦ использовалось для производства шлакоблоков. Обезвреживание опасных отходов частично налажено на предприятиях: "Электротехмаш", "Станкозавод", "ОМЗ", "Северный коммунар", "Прогресс" и др. Однако перечисленные мероприятия не позволили существенно улучшить экологическую обстановку города и его окрестностей.

Работа по инвентаризации образования и размещения отходов в Вологодской области и г. Вологде началась в 1993 г. На основании разработанных МООСПР "Временных правил охраны окружающей среды от отходов производства и потребления" основные предприятия города подготовили обосновывающие материалы по образующимся отходам и их размещению. Вологодским областным комитетом ООСПР прекращена выдача лицензий на размещение отходов 1-3 классов токсичности на городской свалке (1994 г.). Однако контроль за прохождением опасных отходов осуществляется недостаточно из-за слабой лабораторной аналитической базы, несовершенства правово-экономических методов и организационных структур управления опасными отходами.

1.5 Водоснабжение

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

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

Для централизованного водоснабжения г. Вологды из поверхностных источников действуют два водозаборных комплекса: на р. Вологде (дер. Михальцево) – проектной производительностью 90000 м³/сутки и на оз. Кубенское (дер. Окишево-Сумароково) – производительностью 233000 м³/сутки. Система централизованного водоснабжения города также включает два подземных водозабора: №1 – производительностью 1200 м³/сутки и №2 – производительностью 300 м³/сутки.

Для улучшения водоснабжения города в 1994 г. введены в эксплуатацию дополнительные мощности на городских водоочистных сооружениях питьевой воды в объеме 30000 м³/сутки. Выполнены дноуглубительные работы на канале к насосной станции на Кубенском озере, построена зональная насосная станция в районе АО "ВПЗ" мощностью 10000 м³/сутки. Однако принимаемые меры не решают проблемы обеспечения города качественной питьевой водой.

Водохозяйственные балансы показывают, что при современном объёме водопотребления в годы малой водности, в отдельные месяцы летне-осенне-зимнего периода, наблюдается дефицит стока, который покрывается за счёт санитарных расходов, которые должны оставаться в реке. У д. Михальцево дефицит частично ликвидируется русловой ёмкостью водохранилища и переброской дополнительного стока из оз. Кубенского. С учётом перспективного водопотребления дефицит будет наблюдаться в отдельные месяцы, уже в средний по водности год, и в течение всего летне-осенне-зимнего периода – в очень маловодный год.

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

С другой стороны, достойна внимания идея создания независимой системы высококачественного питьевого водоснабжения.

По данным отчетов Вологодского горводоканала, водозабор для водоснабжения города, не считая других водопотребителей, превышает 50 000 000 м³/год, что при населении 300 000 человек составляет более 450 л/сутки на каждого вологжанина. Это очень высокий уровень, превышающий среднеевропейские цифры в 1,5–2 раза.

Вода из крана идет как для приготовления пищи и питья, так и для полива газонов и мойки улиц. Собственно для питьевых нужд и приготовления пищи на человека нужно никак не более 10 л в сутки. Следовательно, возможно создание сети водозаправочных станций со снабжением питьевой водой путем подвоза автоцистернами с последующей подачей по специальным облегченным трубопроводам по домам 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 м³.

1.6 Характеристика зеленой зоны

Зеленые насаждения выполняют важную санитарно-гигиеническую функцию за счет очищения 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 подкровными кустарниками вдоль автомагистралей обеспечивают снижение концентрации свинца на территории тротуара на 65%. Трёхрядная посадка деревьев в этих условиях снижает концентрацию оксида серы в 5 раз, оксидов азота – в 8 раз [53].

Общая площадь лесов зелёной зоны г. Вологды составляет 58953 га, из которых 5,3% приходится на лесопарковую часть и 94,7% – на лесохозяйственную. В лесопарковой зоне 38,9% лесов находится в ведении гослесхоза и 61,1% – в ведении межхозлеса. В лесохозяйственной части 10,4% лесов находится в ведении гослесхоза, а 89,6% лесов принадлежит отдельным хозяйствам.

Растительность лесопарковой части г. Вологды носит антропогенный характер. Естественные фитоценозы встречаются редко и не играют ведущей роли. Система озеленения представлена в основном посадками искусственного происхождения. Зелёный 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 спе-

циального назначения (коллективные сады, кладбища, насаждения санитарно-защитной и водоохранной зоны, складских и коммунальных объектов, берегоукрепительные насаждения вдоль реки Вологды и мемориальные кладбища).

Общая площадь всех зелёных массивов и насаждений в пределах городской черты составляет 681,5 га (36,9% к общей площади незастроенных земель), а площадь зеленых массивов общего пользования – 346,5 га (18,6%), то есть 12 м² на 1 жителя города. Насаждения общего пользования распределены по планировочным районам очень неравномерно. Большая их часть (табл. 1.5) приходится на Центральный район (216,4 га – 64%), меньше – на Южный (93,4 га – 27,6%) и Заречный (27,7 га – 8,4%).

Таблица 1.5

**Баланс современного состояния озеленённых территорий
селитебной зоны города [39]**

Наименование	Общая площадь городских территорий (га)	Удельный вес озеленённых территорий (%)	Площадь озеленённых территорий (га)	Обеспеченность насаждениями (м ² /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	1804,0	42,8	772,4	

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

Основной фон зелёных 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 используются 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 находятся ближе к центру (парк Мира и парк Ветеранов) и могут обеспечить полноценный отдых, остальные далеко, да и находятся в стадии разработки. Большинство скверов малы по площади (менее 0,5 га), что не соответствует норме, мало также и бульваров.

Цветочное оформление города также явно недостаточно: цветники занимают только 1,5% от 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 низкая и не превышает 40–60%, что не оправдывает вкладываемых в “зелёное” строительство города капиталовложений. Положение усложняется тем, что посадки ведутся без учёта 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 это касается районов 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, которые им предназначены [39].

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

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

Кроме объектов зелени общего пользования, в проекте уделено внимание 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 организацию системы городских парков, садов и озеленённых набережных в составе рекреационных зон (зелёных насаждений общего пользования) в границах селитебной территории, общей площадью в 350 га, а также организацию системы ресурсов и средоохраненных зон (табл. 1.6).

Таблица 1.6

**Проектное использование городских территорий
для зелёных насаждений общего пользования**

Существующее положение			Проектные предложения					
			на 2000 г.			на 2005 г.		
га	% к городской территории	м ² /на жителя	га	% к городской территории	м ² /на жителя	га	% к городской территории	м ² /на жителя
210	7,9	7,2	375	10,6	13,4	560	12,1	19,5

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

Лесохозяйственная часть зелёной зоны выполняет главные санитарно-гигиенические функции, и организация лесопользования в ней должна осуществляться только путём рубок ухода, санитарных рубок и вырубок древостоев, теряющих свои функции. Обследование состояния лесов лесохозяйственной части зелёной зоны города показало, что их экологическое состояние не соответствует предъявляемым рекреационным требованиям. Леса пройдены бессистемными рубками, захламлены, труднопроходимы и эстетически неприглядны. Продолжается рубка лесов, не достигших возраста спелости.

**1.7 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 от состояния окружающей природной среды зависит 80% заболеваний людей.

Экологическое отравление организма людей отличается особым коварством, так как в кровь попадает не одно, а несколько токсичных ве-

ществ, 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 человека во многом аналогично СПИДу: сначала происходит скрытое развитие заболевания, а явные симптомы появляются в стадии разрушения организма. Эндозокологическая 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 ребёнок.

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

В целом для г. Вологды отмечается устойчивая тенденция увеличения смертности и уменьшения рождаемости населения. Так, число родившихся с 1982 г. по 1993 г. сократилось в 1,9 раза (с 4727 чел. до 2472). Показатель рождаемости (на 1000 человек населения) за этот же период времени снизился в 2,2 раза и за последние 12 лет опустился с 18,0 до 8,1.

При анализе смертности за 12 лет выявлено, что наибольший пик падает на 1993 г. – 3640 человек; это больше, чем в 1982 г., на 1118 человек (в 1982 г. – 2522 чел.) и больше на 556 человек, чем в 1992 г. (в 1992 г. – 3084 чел.). Показатель смертности (на 1000 человек населения) увеличился за 12 лет с 9,3 до 12,9. Среди причин смерти у взрослого населения на первом месте заболевания системы кровообращения – от этого диагноза в 1993 г. умерло 1970 человек, что составляет 54,1%. Среди этой группы наибольший процент падает на такой диагноз, как ИБС, – 63% [39].

В условиях сложившейся экологической обстановки все более 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. Так, например, в г. Вологде частота рождения детей с врожденными пороками развития за последние 5 лет увеличилась в 3 раза. Заболеваемость детей олигофренией и задержкой психического развития за 11 лет увеличилась в 2,5 раза.

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.

У взрослого населения в динамике за 5 лет отмечается рост заболеваемости в следующих классах: 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.

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

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

Из всего вышесказанного очевидно, что наиболее острыми проблемами здоровья населения города Вологды являются: продолжающиеся падение рождаемости, рост смертности, в том числе младенческой, рост онкологических заболеваний как среди детского, так и среди взрослого населения, состояние детской заболеваемости, нарастание хронической патологии в период школьного обучения.

1.8 Структура и 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, КГЧСа, Роскомзема, Гидрометеоцентра, Управления лесами и др., а также экологические службы предприятий города.

Система регулирования природопользования в г. Вологде определена Законом РФ "Об охране окружающей среды" и включает следующие основные положения:

- разрешения на выбросы;
- договоры и лицензии на комплексное природопользование, в которых устанавливаются допустимые объёмы выбросов, планы природоохранных мероприятий, нормативы и порядок расчёта 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 выбросы в пределах установленного норматива, а по другой, повышенной, предприятие платит за превышение нормативных выбросов.

Для определения конкретных значений платежей за выбросы базовые ставки умножаются на поправочные коэффициенты. С учётом экологического состояния постановлением администрации области № 16 от 10.01.94 г. по г. Вологде введены следующие коэффициенты увеличения базовых ставок за выбросы: в атмосферу – 1,68, в водоёмы – 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 отчётности и балансы отходов. К сожалению, эти документы заполняются расчётным путём. Большинство содержащейся в них информации остаётся на совести предприятий-загрязнителей. Отсутствие адекватной технической базы и нехватка кадров не позволяют природоохранным органам наладить постоянный мониторинг. Из всех собранных платежей за загрязнение 10% 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 зачёта осуществлённых предприятием природоохранных инвестиций в счёт уплаты платежей. Так, в 1994–1995 гг. по г. Вологде такие зачёты составили 1938 млн. руб. в связи с проводимыми природоохранными мероприятиями на подшипниковом, вагоноремонтном, станкостроительном заводах, ТЭЦ, в локомотивном и вагонном депо; предприятиях стройиндустрии, автотранспортных организациях, коммунальном хозяйстве.

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

Определённые 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 структуре отдела имеется два сектора – первичных (природных) ресурсов и вторичных ресурсов (отходов) – которые осуществляют взаимодействие непосредственно с природопотребителями

города. Задачи, права, полномочия отдела определены положением. Отдел ведёт учёт, оценку природных ресурсов, отходов производства и потребления, создаёт на перспективу нормативно-правовую базу природопользования. Но отдел природных ресурсов администрации г. Вологды не является юридическим лицом и не имеет прав на заключение договоров с предприятиями на комплексное природопользование.

Для повышения координации и кооперации деятельности в области рационального природопользования между муниципальными службами города, представительствами федеральных органов и других организаций постановлением главы администрации в 1995 г. создан Межведомственный совет по экологической безопасности и охране среды г. Вологды.

Но этих мер недостаточно. Во многих городах России в административной структуре созданы управления охраны окружающей среды и природных ресурсов, которым предоставлены полномочия заключения договоров на комплексное природопользование и формирования экологического бюджета (гг. Тольятти, Жуковский, Череповец и др.). Учитывая накопленный опыт управления природопользованием, особенности экологической ситуации и статус г. Вологды, актуальным является создание управления охраны окружающей природной среды и природных ресурсов с правами юридического лица. При этом важно провести более чёткие разграничения полномочий исполнительных, законодательных местных органов и контролирурующих служб федерального уровня.

Целесообразно рассмотреть вопрос о дополнительном финансировании природоохранных мероприятий как за счёт средств, поступающих в виде платежей за природопользование, так и городского бюджета. Необходимость дополнительного финансирования природоохранных мероприятий из средств городского бюджета связана также с кризисом неплатежей.

2. ОСНОВНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ

2.1 Состояние современного информационного обеспечения существующей системы принятия решений

Проблема обеспечения экологической безопасности населения – проблема многофакторная и многогранная, охватывает все сферы жизни: от географо-экологических до социально-экологических 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 необходимости поиска новых подходов, отвечающих современным требованиям управления экологической ситуацией и социальными процессами, выделяются следующие:

- необходимость понимания взаимозависимости и взаимообусловленности природных, социальных и экономических факторов, определяющих развитие той или иной территории;

- необходимость организации оперативного информационного обеспечения органов, принимающих решения;

- необходимость разработки 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 ГИС-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 сло-

жившихся природных и природно-хозяйственных связей (установившегося равновесия) в процессе строительства и эксплуатации объектов хозяйственного назначения; выбор методов и подходов по 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 по принятию неотложных мер по предотвращению неблагоприятных процессов и явлений;

- выбор вариантов по улучшению экологической обстановки на подведомственной территории (улучшению качества вод и воздуха, регулированию системы водопотребления и водоотведения, санитарно-эпидемиологической ситуации, сельскохозяйственной мелиорации, лесомелиорации);

- 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 структуру взаимоотношений между субъектами системы природопользования и органами управления можно видеть на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Структура взаимоотношений и функций субъектов, систем 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 они 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. 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 ГИС, направленные в первую очередь на оцифровку картографической информации с выносом ее на магнитные носители. Создаются многослойные пакеты всевозможной первичной информации, представляющие собой вынесенную на носитель серию карт – землепользования, почв, рельефа, орографии, загрязнения снега, воздуха и вод, инженерных коммуникаций и т.п. По сути, начали формироваться 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, принимающие решения, не имели возможности эффективно использовать наборы первичной информации в своей повседневной работе из-за слабой степени анализа и синтеза поступающей документации. Такого типа ГИС 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. В настоящее время тысячи ГИС используются в экономике, политике, кадастрах различной собственности и т.п. ГИС 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 условия обмена информацией между владельцами и пользователями, унифицировать эту систему, адаптировать к уже имеющимся в наличии техническим и программным средствам, централизовать информационные потоки и дать возможность лицам, принимающим решение (ЛПР), 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 под то или иное направление. 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.

ГИС экологии 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 экологии 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 намечился 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.

2.2 Пути совершенствования системы поддержки принятия решений

В разделе 2.1 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 ЛПП.

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 становится целесообразным 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” являются чуть ли не обязательными в любом современном научном тексте, посвященном исследованиям свойств или процессов, являющихся результатом сложных взаимодействий многих факторов, явлений, состояний и т.д. Есть системы физических величин, система уравнений, транспортная, городская система и множество иных систем. Но все же понятие “система” до сих пор имеет множество различных определений и в значительной степени является интуитивным.

При изучении таких сложных образований, как городское хозяйство или городская эколого-социальная система, наиболее приемлемым, на наш взгляд, является понимание системы как комплекса взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность. Причем этот комплекс составляет особое единство со средой и является элементом системы более высокого порядка. Элементы любой системы, в свою очередь, выступают как системы более низкого порядка [3, 32, 45 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 членимость. 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 [17].

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, соблюдая определенные процедуры, 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 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 [34]. Он основан на представлении действующей системы в виде “фотографий” ее состояний в некоторые моменты времени. Например, гидрографическая сеть города на определенный момент времени, 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 [34]. Они снимаются путем применения геоинформационной тех-

нологии 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, позволяющими, например, рассчитывать параметры приземных концентраций загрязняющих веществ при различных сочетаниях выбросов в атмосферу и при различных метеоусловиях (“Эколог” и др.). 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 последствий 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 бы не нарушал устойчивость 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. 2.2 воспроизведена схема системы управления качеством природной среды [21]. 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.

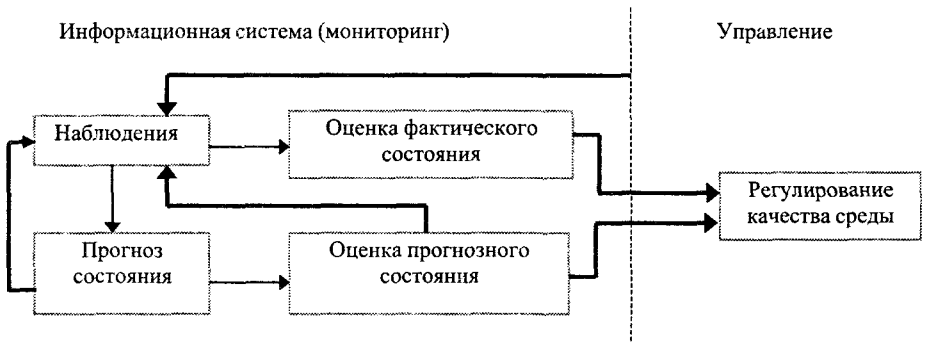


Рис. 2.2. Блок-схема системы управления качеством природной среды [21]

Например, на основе многолетних наблюдений разрабатывается методика предвычисления характеристик максимального стока. По данным о запасах воды в снеге на 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 регулирующими 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, при предотвращении осадков над каким-либо объектом. Известен, например, 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 ре-

зультате 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 [22].

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 и управления качеством окружающей среды города в целях предотвращения или снижения экологического риска действия исследователя можно свести к схеме, представленной на рис. 2.3.



Рис. 2.3. 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, исследователь должен определить параметры, с помощью которых он 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 исследователя.

Следует отдавать себе отчет в том, что зачастую модель создается для информационного обеспечения управленческих действий лица, принимающего решение (ЛПР). Схема деятельности ЛПР в системе, приведенная в работе [35], представлена на рис. 2.4. 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.

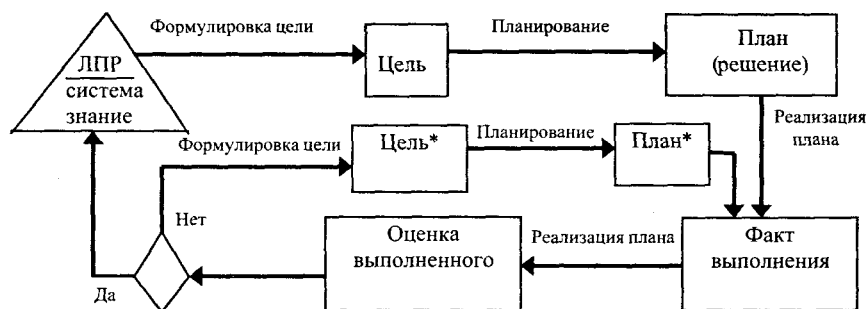


Рис. 2.4. Схема деятельности ЛПР

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. 2.5, по аналогии с [35], 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 этого 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.

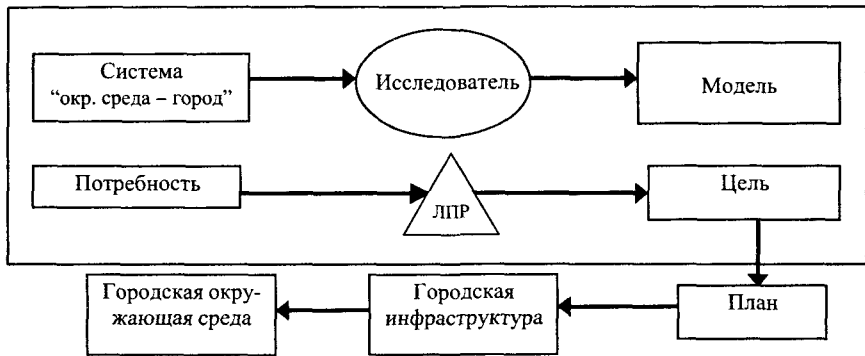


Рис. 2.5. Сравнение деятельности исследователя и ЛПР

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, на основе текущей и базовой информации, разрабатывать и предлагать руководству (ЛПР) варианты решения возникающих проблем. Структура процедуры выбора решения с использованием ГИС приведена на рис. 2.6.

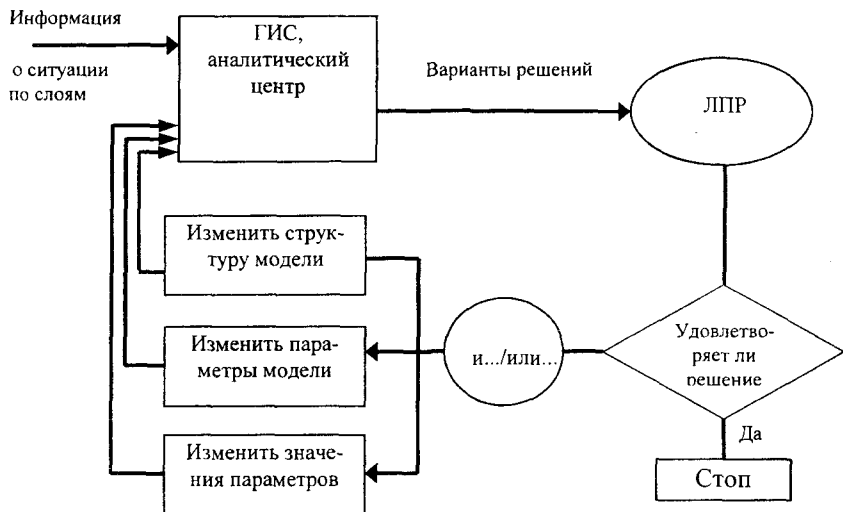


Рис. 2.6. Структура процедуры выбора решения с использованием ГИС

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 сводятся к трем основным направлениям:

- обеспечение оперативной, достоверной и всеобъемлющей информацией по решаемым проблемам;
- контроль за динамикой состояния и качества природной среды, а также за работой систем ресурсоприродопользования;
- обеспечение 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:

- обеспечение 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;
- выработать рекомендации, варианты (проекты) управленческих решений на основе прогнозных динамических моделей и соответствующего программного обеспечения.

2.3 Опыт организации информационных потоков по оценке и динамике состояния окружающей среды городов

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. 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 единого информационного пространства на всей территории России, которое обес-

печило 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.

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 “Есjarctic”, ГИС “Черное море”, которая рассматривается как инструмент сбора и предоставления данных, необходимых для осуществления международной программы по спасению Черного моря (Black Sea Environmental Program) [5,14], ГИС “Волга” – информационно-аналитическую систему, создаваемую в рамках Федеральной целевой программы “Возрождение Волги” [18]. В настоящее время на территории 36 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 [46]. В качестве таковых можно назвать информационно-аналитические системы по природопользованию Республики Дагестан [33], Кабардино-Балкарской Республики [29], Иркутской области [13].

Разрабатываются и проектируются также ГИС на территории бассейнов крупных рек и озер. Кроме уже названных ГИС “Волга” и ГИС «Черное море», создается ГИС “Байкал”[36]. Создаются ГИС и на территории административных районов, как правило, с развитой промышленностью: Ногинский район Московской области [19], Сургутский район Тюменской области [50], или в районах, где ведутся крупные разработки полезных ископаемых: ГИС “Ямал” [54], ГИС “Сургут” [50], ГИС «Нижневартовск-нефтегаз» [23]. Большое распространение за последнее время получили проекты по созданию муниципальных ГИС (МГИС), ГИС экологии 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 регио-

на с целью информационного обеспечения принятия решений как на местном уровне, так и на уровне правительства Российской Федерации [18].

Разработка единой 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 закрепленной 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 являются информационной 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” должны обеспечить исполнительную дирекцию Программы и директивные органы обоснованными заключениями 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 [18]. 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 быстропотекающих, 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 разновременных 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 [18].

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) [38].

Другой проблемой, почти неизбежно возникающей при проектировании МГИС, является отсутствие картографической основы нужного качества. При решении большинства прикладных задач требуется основа наиболее крупного масштаба (от 1:500 до 1:25000) 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 более мелкого масштаба. Реально же во многих городах имеются по два-три программных продукта с оцифрованной графической информацией, данные в которых противоречат друг другу и часто не имеют геодезической привязки [12]. 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 [27].

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 [6]. Основными производителями и потребителями геоинформации европейского города 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 муници-

пальном 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 графических 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 [6]. Для обеспечения геоинформационного обмена, объединения данных с 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 очень высока и получение прибыли при ее эксплуатации происходит через несколько лет. Значительные сложности сохраняются в выборе географических объектов, качестве данных, поскольку повышение их надежности, точности и актуальности достигается с большим трудом.

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 [31].

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

(МГИС), которые уже создаются на территории Российской Федерации или находятся в стадии проектирования, экологический блок, как правило, является составной частью общегородской системы и служит для комплексной экологической оценки территории и для обеспечения проведения экологического мониторинга (табл. 2.1).

Таблица 2.1

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	1:25000	MAPINFO 4.1
ГИС “Природопользовательский и экологический мониторинг г. Сургута”	Проблемно ориентированная	Экологический мониторинг, управление природопользованием, чрезвычайные ситуации	Нет информации	MAPINFO
ГИС г. Волгограда [20]	Многоцелевая	Земельный кадастр, экологический мониторинг, социально-экономическая сфера	1:2000 1:500	INTERGRAF, BENTLEY
ГИС г. Тольятти	Проблемно ориентированная	Экологический мониторинг	1:25000 1:5000	ARCVIEW 3.0, MAPINFO 4.0
ГИС г. Королева	Многоцелевая	Экологический мониторинг, управление природопользованием, градостроительство, медико-экологическое обследование	1:50000	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	1:25000	ARC/INFO

Показателен пример г. Сургута, где составной частью программы ГИС “Сургут” 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 ана-

литического 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. 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 [50].

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, жилой территории, инженерных коммуникациях, строительстве, землепользовании, геологическом строении территории, экологии. Исходной информацией для создания электронной карты являются топографические планы г. Тулы масштаба 1:2000. 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 аэро-экологическую 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 масштаба 1:25000 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/км², 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 разработок, геоинформационная система, разрабатываемая в Тольятти [24], 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 Тольятти масштаба 1:5000–1:25000. 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 основные цифровые слои картографической основы. 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. Гидрометеобсерватория 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" [30]. При создании применялись программные средства, разрабо-

танные 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 основании 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 медицинского-экологического обследования территории, который завершился созданием электронного атласа [55], включившего такие карто-схемы, 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 для нужд города. С 1992 г. здесь функционирует муниципальная геоинформационная система, созданная на базе пакетов фирмы ESRI (Институт исследований систем окружающей среды, США). Выбранный базовый пакет позволяет в полной мере заниматься вводом карт и их редактированием; строить топологиче-

ские объекты и проверять геометрическую корректировку; 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: паспортный стол (жители города); паспорта зданий (БТИ); предприятия города. Это позволило осуществить ряд пилотных проектов: формирование системы расчетов ставок налогообложения по г. Обнинску с использованием информации, предоставленной службами – 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 [52].

В 1994 г., по заказу Центра Управления в чрезвычайных ситуациях (ЦУЧС) Минатома России, 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 противаварийных 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 [7].

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 [28].

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. 2.1.

Учитывая 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 является комплексной и содержит информацию о разных процессах и явлениях. Поскольку сбор этой информации осуществляется различными службами (органы охраны природы, санэпиднадзор, 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.

2.4 Геоинформационная система как механизм организации автоматизированного информационного обеспечения органов 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 2 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 ARC/INFO и ее дериваты, так называемые ARC/INFO BASED SOFTWARE (аркинфопобные системы).

Пример второго типа – ГИС MAPINFO.

Оба программных продукта также могут иллюстрировать другую дифференцировку – по области применения. Первые в основном решают задачи аналитического и мониторингового характера, поскольку обладают 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.

MAPINFO подобные 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 в основном 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 континуальной (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 СУБД лучше всего экспортировать и хранить в формате DBF IV. Цифровые слои могут храниться в пригодном для восприятия почти всеми системами формате GEN фактически как просто ASCII текстовый файл, содержащий инфор-

мацию 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 производится самими организациями.

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

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

ARC/INFO – универсальное и наиболее распространенное в мире обеспечение для создания геоинформационных систем (ГИС), 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 использу-

ется 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, геологических и др. 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 20000 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 др. организации ООН; университеты и академические учреждения, Международный банк, компания “Локхид”, Пентагон, геологические службы США и Греции, BBC Швеции, Госкомнедр России, национальные парки, нефтяные и лесные компании, многие другие организации. В России и странах СНГ 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 (<http://www/dataplus/ru/WIN/ESRI/AtlasGis>)

Полнофункциональная оболочка географических информационных систем среднего класса имеет следующие возможности:

- 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, многочисленные 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 поддерживает форматы всех известных ГИС-программ);

— встроенная система управления базами данных (СУБД), 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.

ARCVIEW

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

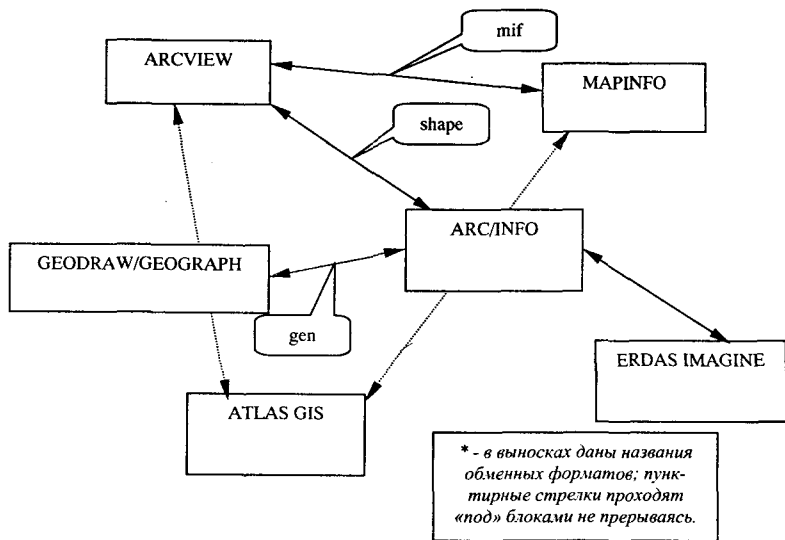


Рис. 2.7. Схема конвертации данных при обмене между наиболее популярными ГИС

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.

3. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ГИС ЭКОЛОГИИ 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. При решении проблем экологического характера на местах в качестве основных направлений работы должно предусматриваться решение следующих задач, что позволило бы определить те или иные экологические приоритеты, обеспечивающие успешное решение проблемы в целом:

- 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 для территории г. Вологды создание банка данных (БД) и геоинформационной системы (ГИС) экологии города. Предложенная концепция позволяет поэтапно подходить к решению перечисленных комплексов задач обеспечения экологической безопасности населения города.

Создание региональной геоинформационной системы связано с организацией структуры БД ГИС; разработкой функциональной схемы ГИС для решения поставленных задач; 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 [8, 9, 10], что позволило в соответствии с принятыми положениями (по блокам) укомплектовывать информацию, оцифровывать картографические материалы, создавать синтетические карты, формировать блоки атрибутивной информации [9, 10]. Геоинформационная система – это открытая система, она насыщается той информацией, которая минимально достаточна для решения тех или иных программ и

задач и, вместе с тем, может пополняться, корректироваться в процессе работы.

Для демонстрации некоторых потенциальных возможностей регионального комплексного географического анализа с использованием ГИС-технологий ниже (гл.4) показан пример создания карт природно-хозяйственного районирования территории с выявлением зон экологического напряжения. 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 экологического каркаса города.

Понятие “экологического каркаса” территории, вошедшее в экологическую терминологию в последние годы, трактуется неоднозначно как учеными, так и практиками. Исходя из общего понятия об экологии как о науке, изучающей среду обитания живых организмов, в том числе и человека, в понятие экологического каркаса должны, в первую очередь, входить те природные и природно-антропогенные элементы окружающей среды, которые влияют на то или иное состояние живого организма и определяют условия его существования. Поэтому в данное понятие должны быть включены как географические, геофизические и геохимические характеристики ландшафта, так и тот техногенный фон, который, накладываясь на природные факторы и процессы, их трансформирует и обуславливает современное состояние и тенденции в развитии природно-антропогенных систем, а также в динамике природных характеристик среды обитания. Таким образом, экологический каркас представляет собой сложившуюся природно-хозяйственную систему территории.

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

- оценка современного экологического состояния территории г. Вологды и тех тенденций, которые характеризуют ее динамические составляющие;
- выбор первоочередных направлений в этих исследованиях, которые позволили бы повлиять на развитие благоприятных и задержку в развитии неблагоприятных процессов и тенденций, определяющих перспективную экологическую обстановку на данной территории;
- разработка одного из приоритетных направлений, которое максимально отвечало бы, по нашему мнению, 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 посему, большей частью, не приносящих достаточной пользы при решении комплексных экологических задач. Поэтому в качестве первоочередной задачи нам представляется создание базы данных (БД) такой региональной геоинформационной системы, которая позволила бы проводить научно обоснованную инвентаризацию имеющихся данных и не только хранить поступающую информацию в строго 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 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 информацию как базовую, так и оперативную, позволяет в полном объеме принимать необходимые экологические решения и имеет следующую структуру:

А. Базовая информация – комплекс данных, характеризующих наименее динамичные параметры природохозяйственной 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.

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 (1)

Этот блок предназначен для накопления информации об экологическом каркасе 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 рельеф (мезо и микро), геоморфолого-геологические (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 динамических 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 самоочищающий потенциал территории в целом, возможные его 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, 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 лесо-таксационная характеристика; минеральные ресурсы и т.п. Системы местного управления, как правило, нуждаются при решении многих вопросов, хозяйственных, природо-охранных и др., в наличии как опорной, так и оперативной (мониторинговой) информации, поэтому ресурсный блок является одним из основных в базе данных ГИС.

Последним элементом из природного блока, отражающим процессы, которые существенным образом могут влиять на местную экологическую обстановку, является 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 промышленных 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 прослеживать 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 информативными в БД ГИС являются тематические карты либо карты современных экологических проблем, которые дают возможность установить и отслеживать в мониторинговом режиме критические или экологически напряженные зоны, принимать по ним соответствующие экологические решения. Подобные карты являются поликомпонентными, учитывают как природный, так и хозяйственный и социальный потенциал территории, поэтому строятся на информации, получаемой, помимо природного, также и из других блоков на основе различных существующих методик их оценки. В настоящее время действует первый нормативный документ [47], 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 потен-

циал 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, а также 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: структура земельного фонда и природопользование. На первой карте следует показать размещение землепользователей и землевладельцев со стоимостной оценкой земель, включающей 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, включая 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 зависит от энергетической мощности станции, качества потребляемого топлива, типа энергетической установки, высоты дымовых труб, применяемой системы очистки. Ситуация усугубляется тем, что, на-

ряду 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 спецификой воздействия 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, а также 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 населения, характеристику используемого сырья и технологического процесса. Характер его воздействия 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 [15].

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 природу 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: виды транспорта, плотность транспортной сети, ее протяженность и расположение, соотношение линейных и локальных (узлы, станции, депо и т.д.) элементов, класс дорог, грузооборот и пассажирооборот, интенсивность движения.

Экологические проблемы в городе тесно связаны также с жилищно-коммунальным сектором. Для определения степени воздействия этого вида хозяйства на природную среду необходимо иметь в БД следующую информацию: плотность застройки, плотность населения по кварталам и районам города, система водоснабжения города и водозабора, объемы водопотребления и водоотведения, наличие и эффективность коллекторно-дренажной сети и канализационной сети (поля фильтрации, очистные сооружения, отстойники), санитарно-эпидемиологическое состояние водных источников, количество котельных, их расположение, объемы выбросов. В последнее время получил развитие частный жилищный сектор. 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.

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 следующих 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, применении удобрений и пестицидов, складах их хранения, мерах, применяемых для охраны 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.

С характером воздействия сельскохозяйственного производства имеет сходные черты деятельность садово-дачных и садово-огородных кооперативов, на которых ведется интенсивное сельское хозяйство. Следует иметь информацию о площадях этих кооперативов, количестве участков и о населении, проживающем круглогодично и в летний сезон. Помимо загрязнения почв и вод, вокруг садово-дачных участков наблюдается вытаптывание лесов и лугов.

Большое воздействие на экологическое состояние оказывают также курортно-оздоровительные учреждения, где отсутствие очистных сооружений приводит к загрязнению воды и почвы; для них характерно также вытаптывание окружающих парков, зеленых насаждений, лесов.

Особая роль в создании экологической обстановки в городе принадлежит лесному и лесопарковому хозяйству. 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 выполнении 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 назначения, 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 в результате 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 и 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 не сразу (в большинстве случаев), а через определенный промежуток времени – по мере

накопления нагрузки имеет место так называемый "кумулятивный эффект". Он находит свое выражение в резком увеличении определенного рода хронических заболеваний, случаев с неблагоприятной наследственностью, 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:

- численность и плотность населения по районам и микрорайонам;
- удаленность от промышленных объектов, представляющих потенциальную экологическую опасность;
- производственную принадлежность и профессиональную структуру;
- заболеваемость: а) злокачественными заболеваниями, б) расстройством эндокринной системы, в) кожными заболеваниями, г) ОРЗ, д) заболеваниями печени и почек, е) острыми желудочно-кишечными инфекциями, ж) астматическими заболеваниями. Очень важно в мониторинговом режиме отслеживать динамику воднозависимых и воздухозависимых типов заболеваний, что необходимо для установления причинно-следственной связи параметров динамики заболеваемости с количественными характеристиками качества воздуха и воды.

Нормативный блок (IV)

Любые динамические и параметрические модели состояния природной среды в целом, 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) предельно-допустимыми 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 аналитическую информацию в оперативном режиме. Связь перечисленных выше блоков и алгоритм выполнения главных задач отражены на функциональной схеме ГИС экологии на рис. 3.1.

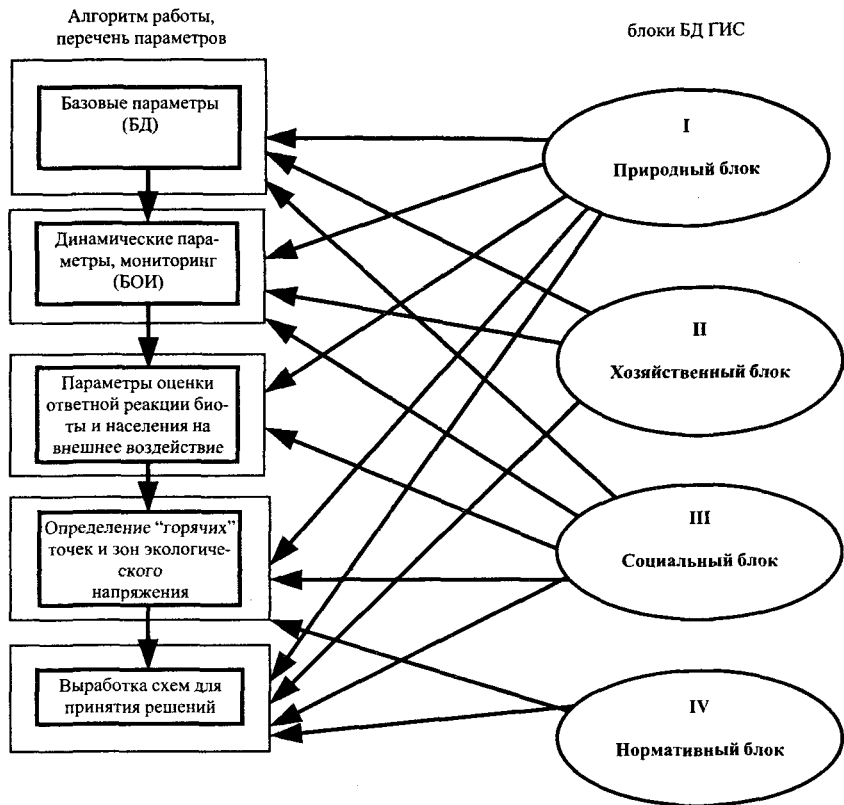


Рис. 3.1. Принципиальная схема функционирования ГИС экологии города

3.3 Базовые элементы экологического каркаса

К базовым элементам экологического каркаса относятся медленно меняющиеся характеристики состояния городской окружающей среды и основных природных объектов, например, рельефа, почв, растительности и т.п.

Характеристика экологического каркаса должна содержать данные картографического и атрибутивного плана, минимально необходимые для принятия решений и реализации частных задач.

Основными элементами, составляющими экологический каркас, являются следующие субблоки :

1. Географическое положение города.
2. Рельеф.

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

Представляется возможным выбрать минимально необходимый комплекс базовых параметров, которые смогли бы в достаточной степени объективно охарактеризовать современную экологическую ситуацию г. Вологды.

Характеристика экологического каркаса в ГИС складывается из базовых (статичных) и динамичных (периодически или тенденционно меняющихся во времени) параметров.

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 "Экологический каркас г. Вологды" послужила план-схема г. Вологды масштаба 1:10 000, изданная в 1986 г. ГУГК, состоящая 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 Институтом исследования окружающей среды (ESRI), Редлендс, Калифорния, США.

Цифровая карта "Экологический каркас г. Вологды" содержит на данный момент 11 тематических слоев. Отдельно создавались слои по природным и хозяйственным характеристикам, отражающим основные классы географических объектов данной территории. Набор основных существующих слоев может быть условно разделен на два субблока.

Субблок «А»

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

Субблок «Б»

1. Границы города
2. Автодороги
3. Железные дороги
4. Промышленные объекты
5. Землепользование
6. Сбросы предприятий
в природные воды
7. Природно-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 реплики от мелкого до крупного масштаба локальных "врезок" и адаптировать этот материал к желаемому программному обеспечению, например к пакету GEOGRAPH Центра геоинформатики ИГ РАН.

Аналитические возможности различных программных продуктов отличаются по мощности и специфике. В этой связи остро стоит проблема преимущества 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.

3.3.1 Естественный и антропогенный мезо- и микрорельеф

В соответствии с задачами построения экологического каркаса г. Вологды и создания цифровой карты современного рельефа были оцифрованы уровни с сечением рельефа 2, 4, и 8 м.

В пределах плоских депрессий и долины р. Вологды (абсолютные отметки высот от 108 до 116 м) мы сочли необходимым сделать сечение рельефа 2 м. В местах высоких речных и озерно-ледниковых террас, где абсолютные отметки высот колеблются от 116 до 130 м, сечение изогипс составило 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 внутрипочвенного стока.

Одновременно устанавливалось наличие зон естественного и искусственного подпора, обусловленного размещением преобладающих уклонов, насыпей шоссейных 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 при-

своем 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. Волгоды и ее главных притоков.

3.3.2 Почвы и растительность

В качестве самостоятельного слоя почвенный покров города не выделялся. Для этого необходима специальная крупномасштабная почвенная съемка, данными по 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-сильно-подзолистых 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 [39]: 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 свой первичный генетический облик, изобилуют скелетным материалом антропогенного происхождения и органогенным материалом 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 не целесообразно. 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 антропогенных причин. Для г. Вологды, исключая его центральную часть, почти повсеместно формирование и трансформация почв идет в полугидроморфных или гидроморфных условиях, в результате чего развиваются полуболотные или даже болотные почвы (район Екимцева, восточная часть территории льнокомбината и т.п.). В большинстве случаев это обусловлено временными или постоянными подпорами вследствие 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 шарикоподшипникового завода, восточной части города, рассеянной 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, также неизбежно заболачивание почв и их техногенное загрязнение. Участки с такими неблагоприятными почвенными процессами можно выделить путем наложения пяти слоев: мезо- и микро-рельефа, ложковой и овражно-балочной сети, растительности, автомобильных и железных дорог.

Информация о растительности в современном её состоянии выделена в специальный слой. В нем отражены лесные массивы, отдельные рощи, дуга, болота; в пределах города – парки, скверы, газоны.

По местоположению внутригородские зеленые насаждения разделяются на 4 основных группы [39]:

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

Их также разделяют на насаждения общего пользования – городские и районные парки, сады жилых районов и микрорайонов, скверы, бульвары; ограниченного пользования и специального назначения – в зонах жи-

лой застройки, учебных и детских дошкольных заведений, культурных и лечебных заведений, спортивных сооружений, а также насаждения промышленных предприятий, кладбищ, коллективных садов, санитарно-защитных и водоохраных зон.

На цифровых картах нами выделено для растительности 2 слоя. Первый – естественная растительность: леса, рощи, луга, пойменные луга, болота. Второй – для растительности, отраженной в базе данных антропогенно-техногенного каркаса: городские парки, скверы, газоны, стадионы, бульвары, кладбища и т.п.

На следующем этапе разработки базы данных для характеристики и инвентаризации зон зеленых насаждений, а также для мониторинга их состояния в блоке таблиц атрибутов необходимо отражение индивидуальных характеристик состояния зеленых насаждений выделенных контуров, являющихся неотъемлемой частью экологического каркаса города. Под таблицей атрибутов подразумевается комплекс характеристик каждого конкретного объекта, который позволяет оценить его состояние, наблюдаемое в аспекте задач экологического мониторинга.

Для естественных насаждений (лесных массивов) в качестве базовых параметров должны быть 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.

3.3.3 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 экологического каркаса. Гидросеть территории представлена разнопорядковыми водотоками, среди которых к наиболее высокому рангу относятся рр. Вологда и Тошня, а также притоки Вологды – Содима-Золотуха, р. Шограш, р. 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, которая привела 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. Пруды, реки и каналы 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 динамических параметров, таких, как средний, максимальный, минимальный сток; ледовый режим; паводковые уровни различной обеспеченности [53].

Базовые характеристики малых водных объектов (озер, прудов, естественных и искусственных) должны характеризовать: 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 околородной и водной растительностью, характеристику флоры и фауны.

3.3.4 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 погодные 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 при доработке БД ГИС г. Вологды картографическую информацию о влиянии городской застройки и транспортных магистралей на характер загрязнения и перераспределения осевших на земную поверхность техногенных продуктов (воздушных мигрантов) отразить в виде самостоятельного слоя базы данных.

3.3.5 Антропогенно-техногенный каркас

Для отражения антропогенно-техногенного каркаса в базе данных необходима информация о пространственной структуре природопользования города и, в первую очередь, информация о дифференциации территории города по видам использования земель. С этой целью была составлена карта "Антропогенно-техногенный каркас г. Вологды" на основе плана-схемы и карты-плана г. Вологды в масштабе 1:10 000 и карты-плана в масштабе 1:20 000 (1986 и 1993 гг.) [10]. 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-атрибутах.

Картографический слой, передающий размещение территориально-емких (ареальных) природно-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 можно совмещать различные слои (или объекты различных слоев), например, контура “зеленого” каркаса города с контурами жилой застройки или объектами культурно-исторического наследия, промышленными объектами и т.п.

Антропогенно-техногенный каркас представлен следующими цифровыми картографическими слоями:

1. *Земли разного назначения:* 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, неудоби).

Слой должен сопровождаться следующими атрибутами: плотность застройки, плотность населения по кварталам или районам города, данные о системе водоснабжения, наличии и эффективности коллекторно-дренажной и канализационной сети, количество котельных, санитарно-эпидемиологическое состояние водных источников, объемы водопотребления и водоотведения, характеристика очистных сооружений (способ очистки, пропускная способность, эффективность), свалок, характеристики 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 должна содержать 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; луга;

— Зеленый каркас города: парки, скверы, бульвары, посадки вдоль дорог, санитарно-защитные зоны предприятий.

Таблицы атрибутов должны содержать сведения о названиях объектов, их площадях, типах посадок, преобладающих породах, состоянии насаждений.

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

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

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

6. Кладбища.

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 автодорожным транспортом. Кроме того, к ним приурочены места расположения автозаправочных станций.

Через территорию города проходят две линии железной дороги республиканского и межобластного значения: Москва - Архангельск, Череповец (далее Волхов) - г. Вятка. Кроме того, по территории города проходит до 10 веток железнодорожных трасс местного значения, оказывающих большое влияние на местный сток, служа причиной подпора поверхностных вод.

8. Промышленные объекты: ТЭЦ и котельные; промышленные предприятия; автотранспортные предприятия, автостанции, автозаправочные станции; 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 4 атрибутами: кодовый номер промышленного предприятия, взятый из городских статистических форм; наименование предприятия; отрасль промышленности, к которой относится предприятие; адрес, где оно расположено.

В пределах границ города и в ближайшем пригороде было оцифровано 100 предприятий с кодовыми номерами, соответствующими кодовым номерам в таблице атрибутов. Кроме того, 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 предпри-

тиями 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.

Выбросы от загрязняющих веществ стационарных источников в атмосферу города в 1995 г. составили более 13000 тыс. тонн [16]. 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.)

N	Код предприятия	Наименование предприятия	Количество выбрасываемых загрязняющих веществ в атмосферу, тыс. т.
1	1	ТЭЦ	3231,0
2	2	ПЗ – 23	370,0

Картографический слой промышленных предприятий сопровождается также таблицей атрибутов, содержащей коды предприятий, их наименования, объемы сточных вод и наименования 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.)

Коды	Наименование предприятий	Объем сточных вод, тыс. м ³ /год	Загрязняющие вещества, преобладающие в сбросах
1	Вологодская ТЭЦ	8767,60	Сульфаты, хлориды, кальций, магний.

Характеристика дана по 46 предприятиям. Самый большой сброс сточных вод осуществляет МП “Вологдагорводоканал” (более 50 000 тыс. куб. м/год) и ТЭЦ (около 9000 т. куб. м), 36 предприятий – примерно до 60 т. куб. м, 8 предприятий – от 60 до 350 т. 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 взвешенного вещества,

фосфатов, нитратов, нитритов, аммонийного азота, поступающих в поверхностные воды, способствуют эвтрофикации водоемов. Кроме того, в водоемы города поступают соединения железа, а также в отдельных случаях – алюминий, медь, цинк, хром, молибден, никель [16, 53].

3.4 Динамические характеристики экологического каркаса (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 экологические службы г. Вологды и области регулярно, в соответствии с существующим согласованным регламентом, обеспечивают заинтересованные организации потоками первичной информации по качеству воздуха, воды, других природных объектов. Существует соответствующий 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, предназначенная выполнять 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, соответствующим образом обработана и предоставлена потребителю, даже не специалисту в области экологии, оперативно, в простом, удобно читаемом 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.

Поступающая в ГИС информация может быть: 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, ARCINFO и др.).

Структура БОИ должна строиться на основе следующей блок-схемы (рис.3.2). 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.



Рис.3.2. Структура блока обновления информации

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, которые определяют динамику состояния ПХС, можно объединить в 4 основные 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 длиннопериодическими);

— факторы катастрофического характера, или развития нештатных ситуаций в пределах ПХС, которые могут определяться как природными, так и техногенно-антропогенными причинами.

Таким образом, факторы, определяющие 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 могут определяться 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 определяться 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 невозможно, однако комплексный вероятностный прогнозный эколого-географический анализ возможных последствий в ГИС должен быть предусмотрен.

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

- отсутствует методика выделения приоритетов по снижению загрязнения окружающей среды;
- статистическая отчетность не всегда отражает фактическое состояние ситуации;
- сохраняется в ряде случаев незаинтересованность природопользователей в получении достоверной информации по учету расходов тепла, воды, сбросов сточных вод и др.
- существующая система ведомственного экологического мониторинга и подготовки информации не сориентирована 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 характера (IV) см. табл. 3.3. Условно статические характеристики, заложенные в БД ГИС, сгруппированы по природным средам [43].

Таблица 3.3

Параметр контроля А "Пространственная характеристика объектов"

Объект контроля	I Границы			
	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

Примечание: *) 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, характеризующие многолетнее среднее состоя-

ние 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 объектов, 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"

Растительность				
Качественные характеристики	Факторы, определяющие динамику			
	I	II	III	IV
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

Поверхностные воды				
	I	II	III	IV
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 задач региональной ГИС 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 получить достоверную картину экологической ситуации по минимуму параметров. Например, в форме 2ТП Воздух важным показателем является общий годовой объем выбросов в атмосферу предприятиями города и состав приоритетных поллютантов по их основным составляющим (газообразным, твердым, жидким) и их токсичность. На период чрезвычайных ситуаций на основе пакетов прикладных программ возможно (и необходимо) решение частных задач. Например, представление динамической картины загрязнения 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 населения (гидробионтов) и т.п. Для решения задач ГИС экологии 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. Положение РИАС о Вологодской области [42] уже предусматривает существующую структуру информационных потоков между владельцами и потребителями информации, однако для г. Вологды подобного документа на настоящий момент не существует. По-видимому, при создании блока обновления информации ГИС экологии г. Вологды необходимо такую систему разработать с учетом потребностей ГИС и интересов городской администрации.

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 городе к настоящему времени.

Для обеспечения экологического мониторинга необходимо в первую очередь определить задачи и комплексы параметров контроля за состоянием ПХС. 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 4 основные группы:

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

Целесообразно динамические хозяйственные параметры, как и природные, 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: структура природно-хозяйственных систем города, структура испол-

зования земель, промышленность, энергетика, транспорт, жилищно-коммунальный комплекс, пригородное и городское сельское хозяйство, рекреация, зеленый каркас города, памятники 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 увеличения неблагоприятного воздействия на среду города. В зависимости от взаимоотношений производства с природными свойствами территории они делятся на три основные группы [8]:

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

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

— 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, а также 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 является важным объектом экологического мониторинга, поскольку отражают тенденцию увеличения или снижения техногенной нагрузки на окружающую среду города и предопределяют возникновение новых или динамику существующих зон экологического напряжения. Особенно важными объектами для контроля выступают земли, занятые промышленными объектами, жилой застройкой и зелеными насаждениями. Изменение соотношения их площадей позволяет определить тен-

денцию 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 парамет-

ры блока передают медленно текущие изменения, относящиеся к ежегодному, а большей частью к многолетнему режиму наблюдения. Исключения могут создавать 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 экологического напряжения.

- Численность населения, подвергающегося 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.

Следует отметить, 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 ГИС экологии следует включать и такие параметры, как:

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

— функциональная роль контролируемого городского квартала (пром. зона, "спальный район", торгово-коммерческая зона, сити — деловой центр, вокзалы — транзит и т.п.);

— характер преступности и уровень ее подконтрольности;

— тип водо- и теплоснабжения (централизованный или индивидуальный);

— функциональные границы медицинских и педиатрических участков;

— границы участков УВД.

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, прослеживать 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 авторами методические подходы к составлению таких карт рассматриваются в следующей главе.

4. Разработка синтетических экологических карт как организационная основа ГИС

4.1 Природно-хозяйственное районирование с определением экологически напряженных зон

4.1.1 Принципы районирования

На основе анализа и синтеза выделенных слоев картографической информации БД ГИС представляется возможным составление совершенно новых карт как по качеству, так и содержанию. Такими могут быть карты оценочного характера. Например, на основе совмещения “слоев” рельефа, характера увлажнения, структуры бассейнов и хозяйственной структуры территории можно получать новые контуры природно-хозяйственных образований, отличающихся различной степенью антропогенной нагрузки. Включение в качестве расчетных характеристик данных по выбросам в атмосферу, сбросам в природные воды позволяет рассчитать суммарные нагрузки по бассейнам и регулярно обновлять границы зон экологического напряжения. Динамичность характеристик по выбросам, обусловленная как режимом работы предприятий, так и принимаемыми природоохранными мерами дает возможность впоследствии контролировать состояние экологически напряженных зон в мониторинговом режиме.

На первом этапе нами создан вариант карты природно-хозяйственного районирования территории г. Вологды с определением зон экологического напряжения. Под природно-хозяйственным районированием понимается выделение географически обоснованных образований, в пределах которых взаимодействие природных и хозяйственных факторов определяет современную экологическую обстановку города 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, полустойный 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 приоритетных поллютантов (загрязнителей) воздуха и природных вод, выбрасываемых в природную среду хозяйственными объектами города.

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

В пределах районированной территории выделено, в соответствии с условиями рельефа, характером покровных отложений и уровнем залегающих грунтовых вод, три зоны:

А – моренных холмов (водораздельных пространств местных водосборов) и высоких террас рр. 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 выположенных, заболоченных пространств террасовых уступов, на участках выклинивания грунтовых вод) и активным дренажем на откосах и склонах террас рр. Вологды, Тошни, Содимы. *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 рр. Вологды и Сухоны. Территория характеризуется преимущественно повышенным уровнем грунтовых вод (менее 1м), 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 – 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 поступающих загрязняющих веществ в местную дренажную сеть. На этой основе выделены:

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

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

III – долина р. Содимы-Золотухи – правого притока р. Вологды;

IV – долина р. Шограш – правого притока р. Вологды;

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

VI – склон слабосточной заболоченной котловины междуречья рр. Вологды и Лосты.

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

Основным принципом ландшафтно-экологического и природно-хозяйственного районирования в его природной составляющей нами 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 с границами трех уровней рельефа были получены контуры, различные по способности к самоочищению. В пределах этих контуров определялось соотношение различных видов и элементов землепользования.

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

Таким образом выделено 18 природно-хозяйственных районов (ПХР) в пределах границ города. Детализация ПХР за пределами города не проводилась вследствие недостатка информации.

Экологически напряженные зоны в пределах ПХР выделялись на основе учета местных ландшафтно-геохимических особенностей бассейна, положения наиболее крупных хозяйственных объектов и селитебных зон, наличия естественной растительности, преобладающего направления ветров и специфики ландшафтно-геохимических процессов. Всего выделено: 5 зон значительного экологического напряжения, связанных с воздействием промышленных и хозяйственных факторов и слабым потенциалом природной системы к самоочищению; 4 зоны умеренного экологического напряжения, связанного 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 экологического

напряжения вдоль основных рек с техногенной трансформацией долины, загрязнением вод и донных осадков. Совместив карту со слоем “транспортная сеть”, можно получить линии экологического напряжения вдоль крупных трасс.

Таким образом, примененная технология позволяет получить вариант синтетической карты любого назначения, в зависимости от целевой установки.

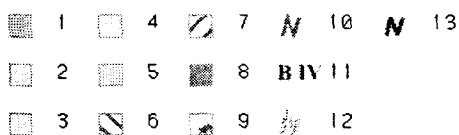
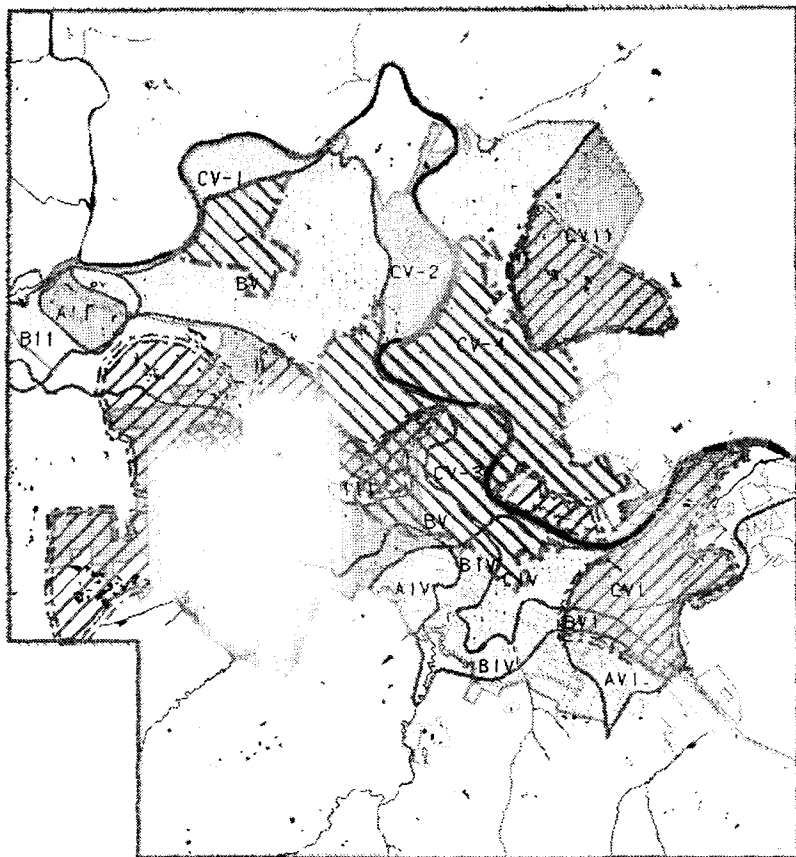
Нами получен машинный вариант карты наложения хозяйственных и природных слоев “Природно-хозяйственные районы и зоны экологического районирования” (рис. 4.1). Впоследствии этот вариант может быть трансформирован в автоматизированном режиме в самостоятельный слой “Ландшафтно-геохимическая структура территории”.

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

Анализ природной составляющей природно-хозяйственного районирования территории города позволяет подтвердить известную физико-географическую концепцию, 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 [39].

Присухонский ландшафт представлен двумя местностями: днищем и склонами р. Вологды, которые относятся к зоне С (п. 4.1.1). 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 выталпывании.

Более высокий уровень террасовой группы урочищ нами 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 луга на дерновых, иногда оподзоленных почвах.



Условные обозначения.

Природно-хозяйственные районы: 1- промышленные, промышленно-аграрный, промышленно-рекреационный; 2 – селитебно-промышленные; 3 – селитебные, селитебно-аграрные; 4- аграрно-промышленный, садово-дачный; 5- рекреационный.

Зоны экологического напряжения: 6 – умеренного, связанного с плотной жилой застройкой; 7 – значительного, связанного с промышленностью.

Линейные зоны экологического напряжения, вызванного: 8 – загрязнением вод и донных осадков; 9 – техногенной трансформацией долин.

Границы и индексы: 10 – границы природно-хозяйственных районов; 11 – индексы природно-хозяйственных районов (табл. 4.1); 12 – границы города; 13 – гидросеть и водные объекты.

Рис. 4.1. Природно-хозяйственные районы и зоны экологического напряжения

В то же время на первой озерной террасе условия увлажнения не одинаковы. В районе Кувшинова 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 шоссе 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). Вместе с этим, 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), отличаются также по своей хозяйственной специфике в зависимости от структуры и охватываемой площади хозяйственного воздействия (табл. 4.1). Выделены преимущественно промышленные районы в бассейнах рек Тошни (АII) и Дулевки (CVI, BVI), междуречье рр. Содимы и Золотухи (BIII), селитебно-промышленные и селитебные – в долине р. Шограш (BV-2), с плотной жи-

лой застройкой (CV-3), селитебно-рекреационные и рекреационные (CV-2), а также садово-дачные – в долине р. Вологды (CV-1) и т.п. Все они 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 различную степень антропогенного прессинга на природные системы, а количественный анализ этого давления дает возможность определить степень экологической напряженности на данной территории.

В результате послыжного анализа состояния природных и хозяйственных элементов территории была составлена серия электронных карт, отражающих многопараметрические характеристики состояния территории природно-хозяйственных районов (ПХР). 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, таблица 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 авторами 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 – Содимы, Дылевки, Тошни, Возьмы – Сухоны, где расположены промышленные районы с плотной жилой застройкой и автодорогами (коды ПХР – 11, 12, 14, 15, 0, 13, 24), достаточно напряженная ситуация наблюдается в бассейне Вологды, где расположены районы с плотной жилой застройкой, высокой автотранспортной нагрузкой и достаточно большим числом промышленных предприятий (коды ПХР – 23, 22).

Таблица 4.1

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

Название ПХС	КОДЫ ПХС	Природно-хозяйственные районы																		
		АП	АП	СVII	ВП	СVI	ВVI	AV	BV-1	CV-4	СIII	BV-2	CIV	CV-3	AIV	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	
С\х земли	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, неудобн	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	
С\х 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	

АП; АП; CVII и т.д. – индексы природно-хозяйственных районов (ПХР).

О, 11, 12, 13 и т.д. – машинные коды ПХР.

Таблица 4.2

Расчет индекса антропогенной нагрузки ($I_{ан}$) и индекса самоочищения (P) для природно-хозяйственных районов (ПХР)

№ ПХР	Коды ПХР	*	в	а	ln а	Коэффициенты суммарного загрязнения K_i					Логарифмы K_i					I ан.	Wp незагр. стока млн. м ³ /год	P самооч.
						Kс 1	Kс 2	Kс 3	Kп	Kатм.	ln Kс1	ln Kс2	ln Kс3	ln Kп	ln Kатм			
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	

* а – нормированная величина расчетного параметра загрязнения;

в – нормированная площадь объекта воздействия;

Kс 1,2,3 – коэффициенты суммарного загрязнения снеговых вод по органическому веществу;

Kп – коэффициент суммарного загрязнения почв;

K атм. – коэффициент суммарного загрязнения атмосферы;

Wp – годовой объем незагрязненного стока в млн. м³/год.

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;
- 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, определенный на основе площадных геохимических исследований, выполненных Вологодским педагогическим институтом в 1994 и 1995 гг. [39].

При территориальном количественном анализе возможно введение и других значимых параметров, роль которых определенным образом сказывается на состоянии 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 разделе 4.1 изложены принципы многослойного анализа картографической информации в целях создания карт современного экологического состояния и выделения экологически напряженных зон. Перечислены слои и этапность проводимого анализа. Выделены природно-хозяйственные системы, определены их границы и площадь. Главная проблема поликомпонентного количественного анализа заключается в том, что он использует разноразмерные параметры, связанные:

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

Одним из наиболее трудных моментов оценки степени суммарного воздействия при наличии на территориях различных отраслей производст-

ва является способ унификации многокомпонентного воздействия в единый показатель, который должен характеризовать как качественные, так и количественные аспекты этого воздействия. Для такой оценки существуют различные подходы [40] – 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:

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

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 на природную среду данной отрасли на данной территории выше или ниже среднего (оптимального) уровня.

В дальнейшем такой подход позволит нам определенным образом суммировать и сопоставлять полученные показатели по различным типам воздействий как равнозначные.

Вторая трудность заключается 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 природ-

ные воды поступают значительные количества органического вещества, в качестве оценочных параметров можно использовать БПК и ХПК и их соотношение, коли-индекс, концентрацию нефтепродуктов в долях ПДК, фенолов, нитратов, фосфатов и др.

Третья трудность – принцип определения границ зоны воздействия. С одной стороны – это критерии выделения антропогеосистем по границам землепользования и динамическим границам устойчивых техногенных потоков. Но есть еще один критерий – выделение сборных 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 г.Вологды

Количественная оценка интенсивности антропогенной нагрузки ($I_{ан}$) базируется на наборе параметров, характеризующих наиболее широко развитые на данной территории типы хозяйственного воздействия [40]. Выражение для общего индекса антропогенной нагрузки имеет вид:

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

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

$$i_i = a \cdot b,$$

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 км² (или нормированная площадь).

В предлагаемую формулу возможно введение и других интегральных показателей, таких, как соотношение площадей природных и антропогенных систем в пределах исследуемой функциональной природно-хозяйственной единицы. В нашем анализе для г. Вологды мы используем в качестве таковой водосборный бассейн порядка, соответствующего масштабу исследований. Для каждого бассейна в таблице атрибутов 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 определяется на основе ландшафтного 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 его формула будет иметь следующий вид:

$$P = \frac{\sum_1^n \ln(\Psi_i + 1)}{I_{ан}}, \quad i = 1, 2 \dots n$$

- где: P – индекс естественного самоочищения,
 Ψ_i – нормированная величина фактора самоочищения,
 $I_{ан}$ – индекс антропогенной нагрузки.

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

В упрощенном варианте для оценки условий самоочищения поверхностных вод в конкретном водосборном бассейне:

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

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 территориально-емких 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 нам основу для количественных расчетов индекса антропогенной нагрузки по каждому из выделенных бассейнов (табл. 4.2).

На основе совместного анализа распределения вышеперечисленных характеристик были составлены карты антропогенной нагрузки и естественного самоочищения природных систем (рис. 4.2, 4.3).

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 экологического напряжения. Если решается оценочная задача экологической безопасности, многофакторное взаимодействие 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 необходимо создание соответствующей карты заболеваемости населения. На следующем этапе необходимо выполнить анализ с целью обнаружения рекурсивной связи 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 установленных для каждого района тенденций, которые, в свою очередь, определяются по ряду 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 (объемов отведения сточных вод, снижения токсичности или коэффициента суммарного загрязнения в сточных и природных водах, снижения валовых выбросов в атмосферу, увеличения площади зеленых насаждений, изменения объемов годового стока главных водотоков в результате инженерных гидротехнических мероприятий и т.п.).

Полученные 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 увеличится величина показателя P , т.е. на территории улучшится экологическая обстановка.

Динамические карты, составляемые по валовым годовым объемам отведения сточных вод (в км³ и тоннах), выбросам загрязняющих веществ в атмосферу (в тоннах), позволяют оперативно рассчитывать по территории динамику прогнозных показателей, т.е. количественно оценивать улучшение или ухудшение экологической обстановки.

В то же время специфика водоотведения сточных вод характеризуется тем, что предприятия, источники загрязнения, находятся на различном удалении от места водовыпуска. 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 41, 13 районы и т.д. (рис. 4.2).

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 15,1 (табл. 4.2). В качестве критерия оценки естественного самоочищения нами принято отношение объема незагрязненного стока в тыс. м куб./год с каждого ПХР к единице антропогенной нагрузки. Как показывают расчеты, доля незагрязненного стока в ПХР колеблется в пределах от 8 до 96% от общего объема стоков в ПХР. Таким образом, загрязненная часть стока от промышленности, сельхозбы и других хозяйственных объектов обуславливает увеличение антропогенной нагрузки, а не загрязненная – самоочищение, увеличение его потенциала.

В расчет общей формулы антропогенной нагрузки в качестве параметра “а” включены не только количественные характеристики воздейст-

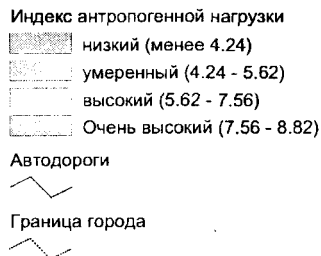
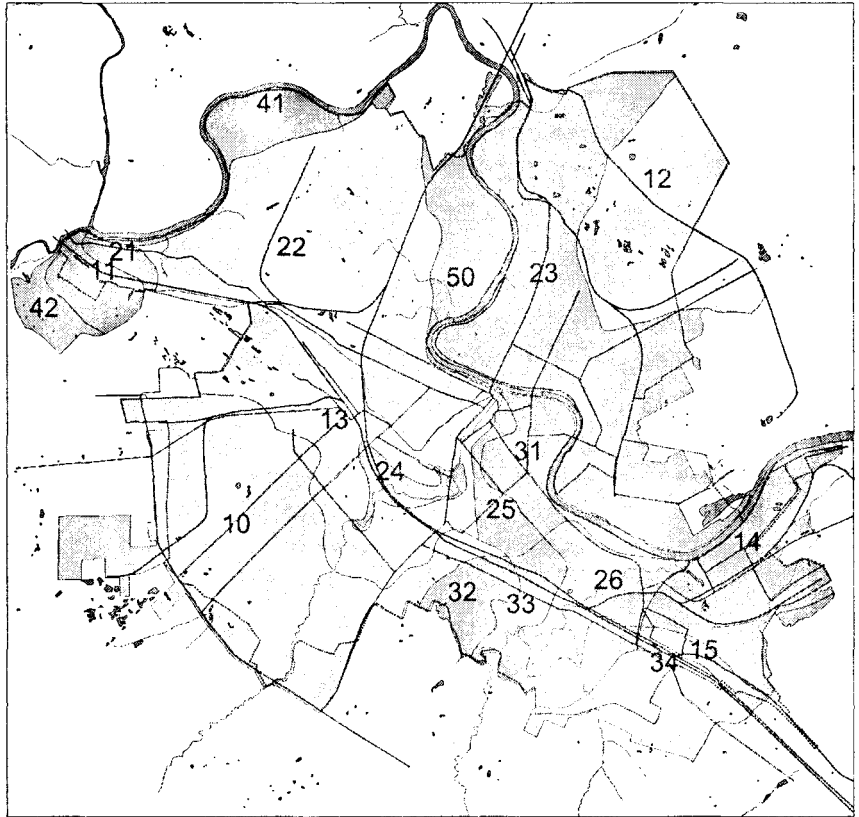


Рис. 4.2. Распределение индекса антропогенной нагрузки по природно-хозяйственным районам на территории г. Вологды

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

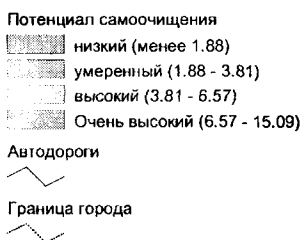
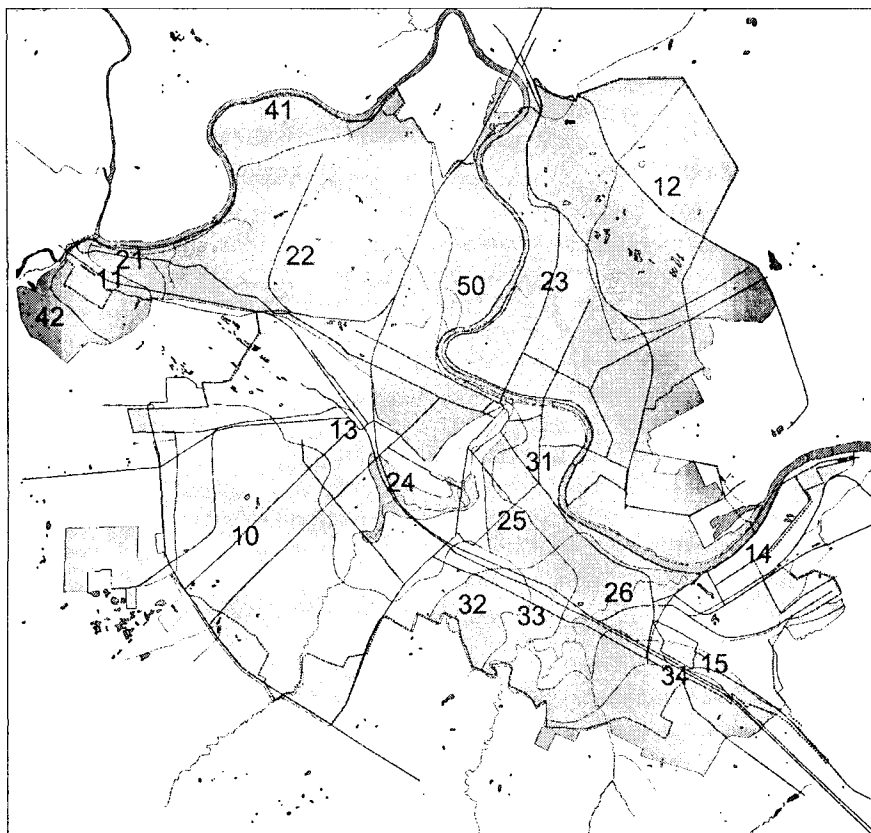


Рис. 4.3. Распределение потенциала самоочищения по природно-хозяйственным районам на территории г. Вологды

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

вия хозяйственных систем, но и характеристики загрязнения почв K_n , снега K_{c1} , K_{c2} и $K_{атм}$.

На основе расчетной формулы получены интегральные значения индекса антропогенной нагрузки и потенциала естественного самоочищения, которые по результатам кластерного анализа разделены на группы по интенсивности:

- антропогенная нагрузка незначительна или близка к 2,0;
- слабая 2,0–4,4;
- умеренная 4,4–5,62;
- очень сильная > 7,56.

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 основе оперативных данных об изменениях частных параметров (табл. 4.2) становится возможным оценить эффективность выбранных вариантов экологических решений.

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 не традиционных 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).

Вместе с тем, ГИС экологии в спектре мониторинговых задач 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. Однако органам, ответственным за принятие решений, этого, как правило,

не достаточно. Им нужна документация обобщающего характера, проанализированная и систематизированная в удобной для пользователя форме. Такую задачу в силах решить ГИС экологии, которая в своей организационной структуре должна предусматривать 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 ГИС

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

Система экологического мониторинга использует как существующие в настоящее время потоки географо-экологической информации, так и создает свои собственные источники, работающие в своей собственной схеме, обеспечивающей соответствующую структуру задач, комплекс параметров и регламент поступления информации. Речь идет о создании такой службы, которая объединяет интересы владельцев информации и ее потребителей, в том числе и лиц, принимающих решения в выполнении 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 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 смешаются в области земельного кадастра, решения водохозяйственных задач или возможного риска чрезвычайных ситуаций. Нам представляется, что ГИС экология не должна принимать в свою функциональную структуру информационное обеспечение решения любых или всех проблем природно-географического и социального характера, а 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, обеспечивающего и разраба-

тывающего варианты управленческих решений в области экологической безопасности. Следовательно, в структуру задач, параметров и регламента контроля необходимо включать элементы, касающиеся только этой сферы.

5.2.1 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, селитебных и рекреационных зон;
- загрязнения природных сред (воды, воздуха, почв);
- динамики и тенденций природных и техногенных процессов в выделенных природно-хозяйственных районах, или зонах экологического напряжения;

- функциональных особенностей и социальной значимости выделенных районов: в зонах рекреации, торговли, производства, памятников истории и культуры, жилой застройки и т.п.

Вместе с тем локализация пунктов должна координироваться с существующей системой ведомственного контроля и его интересами:

- по предприятиям – форма 2ТП Водхоз и 2ТП Воздух;
- наблюдениями городского санитарно-эпидемиологического надзора;
- наблюдениями за водным режимом в контрольных створах системы Минводхоза;

- получение характеристик качества здравоохранения в детских учебных и лечебных учреждениях (по педиатрическим участкам);

- в учреждениях и системах Минздрава и отдельных ведомств;

- в управлении лесами;

- в управлении по рыболовству;

- в управлении по охотничьему хозяйству;

- в управлении по геологии и использованию недр;

- в областном центре по метеорологии и мониторингу окружающей среды;

- в комитете по охране окружающей среды и природных ресурсов;

- в комитете по земельным ресурсам и землеустройству;

- 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.

В настоящее время в ГИС экологии, разрабатываемой на основе нашего сотрудничества, созданы слои, отражающие результаты ведомственного мониторинга:

- 2ТП Водхоз (положение основных пунктов водоотведения в местную гидросеть);
- 2ТП Воздух (места расположения существующих промышленных предприятий).

В дальнейшем следует расширить спецификацию пунктов мониторинга на основе вышеизложенных принципов. При этом необходимо согласие и координационные решения между владельцами информации и заинтересованными лицами и организациями.

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

- несовпадение во времени проведенных измерений в различных пунктах;
- 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. Наложены на этот "фон" технологические ошибки не только снижают достоверность интерпретации, но и могут сделать ее практически невозможной. Авторы 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 в Вологде уже проводились Вологодским пединститутом [39] по геохимической характеристике почв города и снега, лишеноиндикации насаждений парков и скверов. В системе мониторинга такие работы должны быть предусмотрены. На основе располагаемой нами информации по геохимии почв и снеговых вод, полученной по результатам исследований ВГПИ, составлены геохимические карты состояния окружающей среды, связанного с загрязнением атмосферы. В качестве косвенных показателей использованы параметры геохимического состояния снеговых вод и верхних горизонтов почв. Эти данные позволяют определить ряд геохимических аномалий на территории города.

Исследования в системе мониторинга должны основываться на 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 на основе прямых признаков: состав и характер загрязнения атмосферы, природных вод;
- получение информации на основе косвенных признаков: геохимия верхнего слоя почв, снега.

Каждая задача является взаимодополняющей 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 является 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 несоразмерно 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 [40].

Понятие "геотехническая система" имеет более узкое значение и употребляется в случае, когда 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" [56]. 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 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 на 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 [40]. 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, параметры и регламент контроля

Таким образом, при создании картографической базы данных ГИС на фоне слоев, характеризующих "экологический каркас" 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 дает возможность 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, параметров и регламента.

Атрибутивное насыщение управляющей карты базируется на матрице, характеризующей особенности антропогенных воздействий, характеристику загрязнения природной среды, спецификацию системы экологического контроля по природным объектам и средам. Факторы, определяющие 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 дает возможность определить 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. Используются унифицированные схемы классификации ПХС, матрицы анализа структуры и характера антропогенных воздействий для определения задач и групп параметров контроля, таблицы, характеризующие 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; 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 бассейнов на территории города.

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 времени (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

ся на основе 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:

— 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 дает возможность определить зоны смены характеристик со знаками "+" или "—", т.е. зоны устойчиво неблагоприятные с соответствующими тенденциями, и определить 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 изогипс, почв, растительности, что предусмотрено определенными 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^2 , ниже которого 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 из-за 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 ЗТП "Водхоз", ЗТП "Воздух", геохимии почв и снежного покрова, дают возможность создавать карты состояния ряда природных элементов 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 [53], поэтому достоверность их протяженности условна (закон пространственной экстраполяции).

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 течение 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.

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 [47]. 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 физический смысл процесса. Поэтому карты геохимического состояния почв информативны лишь в случае организации обоснованной сети пробоотбора, основанной на специальном природно-хозяйственном районировании (зонировании).

Такая сеть не может быть регулярной, т.к. почвенный покров в городе сохранился не равномерно. Поэтому 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 1994 года в рамках НИР, выполненных Вологодским пединститутом, составлена карта содержания основных поллютантов в верхнем горизонте почв [39]. Сеть опробования была не регулярной, поскольку работы не носили характер 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. 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 – коэффициента суммарного загрязнения, определяемого по формуле:

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

где: K_3 – коэффициент суммарного загрязнения по 6-ти элементам;

C_i – концентрация элемента в мг/кг в контрольном пункте;

C_{ϕ} – 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 [43].

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

Снег. Атмосферные осадки. Карты химического состава снеговых вод дают возможность оценить характер атмосферного загрязнения территории. Эта 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: пыль минеральная, пыль органическая, кислотность, щелочность, макроэлементы, оксиды, микроэлементы, ПАУ (полиароматические углеводороды) и т.п.

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

5.4.3 Карта загрязнения снежного покрова

Аналогичным образом получена карта загрязнения снежного покрова г. Вологды, составленная по данным Вологодского пединститута [39]. 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 .

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

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.

Газовый состав атмосферы. 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 от экологически опасных промышленных объектов.

5.4.4 Динамические карты состояния природно-хозяйственных систем г. Вологды (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 разделе 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 послышная 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 экологического напряжения. 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 также целесообразным регулярно составлять карты на основе данных мониторинговой сети. На данном этапе мы располагаем ограниченным набором геохимических характеристик почв, снега, поверхностных вод. Имеются данные по формам 2ТП Воздух и 2ТП Водхоз, где приводится информация по валовому объему выбросов в атмосферу промышленными предприятиями города, а также объему и качественному составу сточных вод.

В качестве примера составлены варианты тематических карт по загрязнению атмосферы (валовым выбросам), по отведению сточных вод (пункты водовыпусков), по загрязнению снежного покрова, по загрязнению почвенного покрова, по состоянию парков и скверов города.

В пробных вариантах карты валовых выбросов в атмосферу промышленными предприятиями г. Вологды нами рассматривалась возможность дать таким картам различную смысловую нагрузку в зависимости от способов отображения (изоконцентрат, гистограмм, круговых диаграмм и

др.). Так, изоконцентраты показывают зоны с различными объемами выбросов в атмосферу. Следует иметь в виду, что полученное поле не представляет собой реальную картину 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.

5.4.5 Технологическая специфика динамических карт

Динамические карты состояния ПХС в блоке обновления информации могут быть двух типов – *ситуационные*, отражающие картину реального состояния природных объектов по одному или целому комплексу динамических параметров, и *аналитические* карты, 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 поллютантов. 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 одновременного 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 соотношение в составе выбросов твердых, жидких и газообразных составляющих (в %). Таким образом, мы получили на карте распределение эпицентров источников техногенного загрязнения.

Более реальную картину атмосферного загрязнения нам представляет геохимическая карта состояния снежного покрова, являющаяся косвенным показателем этого процесса. То же можно сказать о картах загрязнения донных осадков рек (отражающих кумулятивный характер загрязнения вод).

Для получения динамических карт по атмосфере, природным водам в реальном масштабе 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, 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, водоохранных зон, детализации задач по контролю 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.

6. Место ГИС в организационной структуре управления и мониторинга окружающей среды г. Вологды

6.1 Современное состояние проблемы

Необходимость совершенствования информационного обеспечения органов местного управления в области экологической безопасности населения обусловлена следующими причинами:

— сохраняются тенденции ухудшения показателей состояния здоровья населения города, и в особенности детского;

— до настоящего времени не выявлены причины неблагоприятных экологических тенденций в городе, где нет исключительно вредных производств по сравнению с другими регионами России, опасных проблем в водоснабжении, охране здоровья и социальном обеспечении населения;

— не проводилось комплексного географического и эколого-социального анализа экологической обстановки, которая сложилась в настоящее время во многих городах России;

— в советское и постсоветское время многие факты, отражающие неблагоприятные техногенные процессы, возникающие 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 и мер;

— система информационного обеспечения сансила ограниченный и формализованный характер по причинам не только технического оснащения, но и в силу излишней бюрократизации органов передачи информации.

Однако главной причиной все же является отсутствие генеральной концепции организации целостной и централизованной системы информационного обеспечения органов и ведомств полноценной и объективной информацией об экологическом состоянии территорий.

В настоящее время поиск путей совершенствования системы информационного обеспечения сконцентрировался на направлении создания региональных ГИС. Этому способствует достаточно эффективный опыт создания геоинформационных систем в различных странах мира и регионах России (гл. 2). ГИС становятся не только региональными, ведомственными, но и тематическими. Последнее направление, на наш взгляд, является наиболее перспективным, поскольку по уровню генерализации информации и целевой ориентации сокращает спектр задач, ограничивая их лишь сферой информационного обеспечения экологической безопасности населения для конкретного региона, города, муниципалитета.

Для ответа на вопрос о месте ГИС в организационной структуре управления и мониторинга состояния окружающей среды следует определить:

а) способны ли органы управления принимать решения без полной, 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? То есть, что происходит и почему?

д) располагают ли местные органы управления соответствующим материальным и интеллектуальным потенциалом для совершенствования системы информационного обеспечения?

На многие поставленные вопросы большинство из региональных руководителей, на наш взгляд, ответили 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 нами рассматривались в гл. 2, поэтому мы можем обсудить два основных сложившихся направления:

а) организация централизованных потоков всеобъемлющей информации в единый банк данных;

б) децентрализованный вариант, обеспечивающий спектр задач экологической безопасности на основе минимального достаточного объема информации от заинтересованных ведомств и предприятий на базе обоюдных выгодных принципов информационного обеспечения.

Вследствие того, что информационный продукт становится в настоящее время дорогостоящим товаром, заинтересованные стороны на паритетных началах могут определить свои приоритеты не под давлением приказа, как это имело место в прошлом, а в силу общих экологических, равно как и экономических интересов.

6.2 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 [23]. Первые отвечают за формирование политики и координацию природоохранной работы, вплоть до ее реализации. В ряде стран, наряду с министерствами, получили распространение и 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, издают распоряжения и вводят запреты, проводят проверки, налагают штрафные санкции на нарушителей и т.д. [23].

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. [23].

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, во Франции 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.6.1). 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 относятся ведомства, уполномоченные Правительством России на выполнение соответствующих природоохранных функций. Они, в свою очередь, подразделяются на комплексные, отраслевые и функциональные. Первые выполняют крупные блоки природоохранных задач (Минприроды, Минздрав, Госкомсреды, Росгидромет, МЧС). Вторые – Госкомзем, Минсельхозпрод, Рослесхоз, Госкомрыболовства. К третьим относятся такие органы, как Госатомнадзор, Госгортехнадзор, Государственный таможенный комитет, МВД.

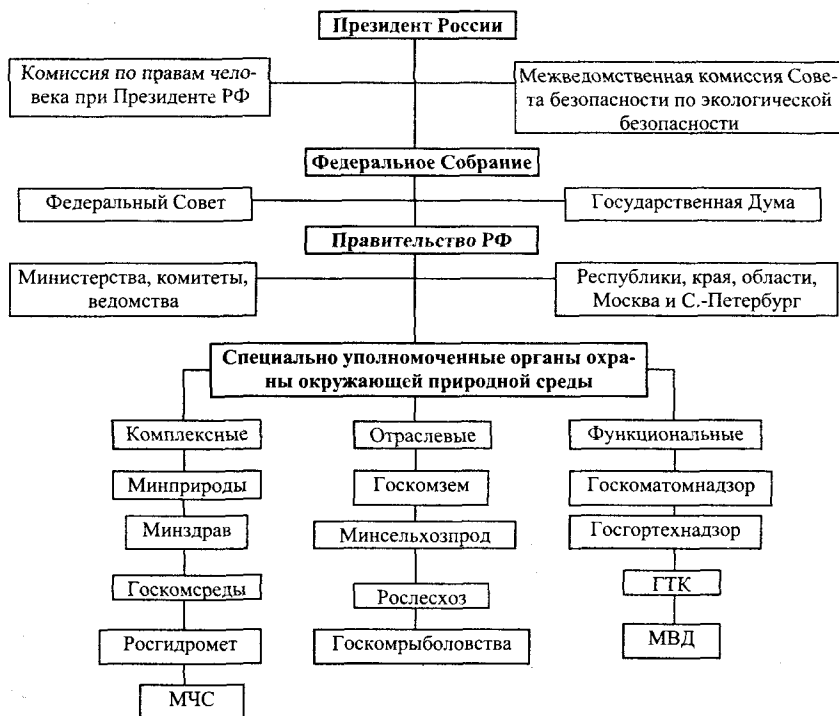
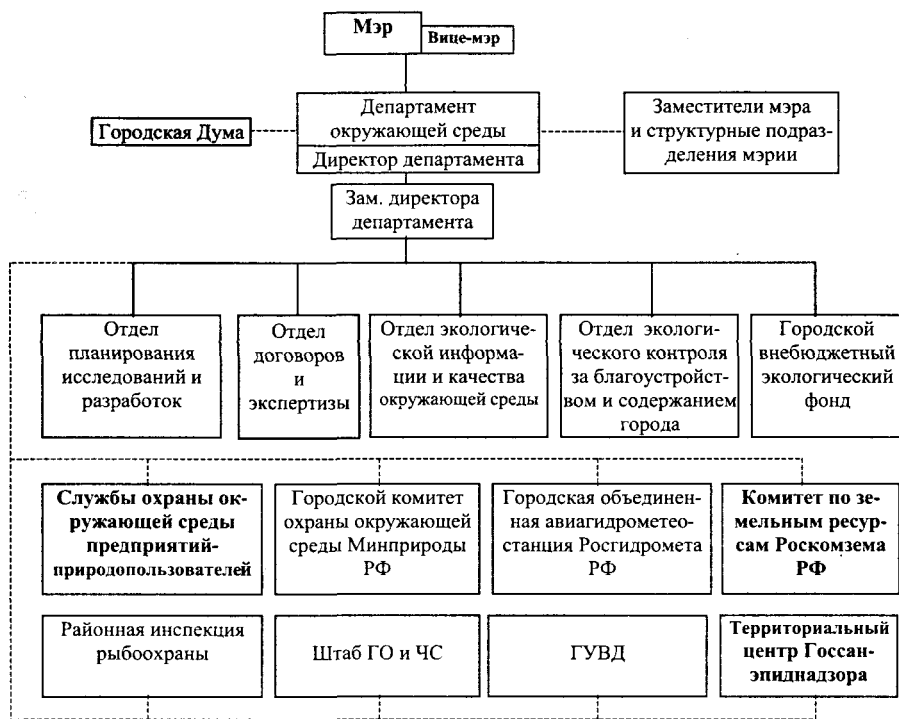


Рис.6.1. Органы экологического управления Российской Федерации

Ряд органов исполнительной власти государства также решает вопросы охраны окружающей среды (Госстандарт, Госстрой, Министерство финансов и др.). По конституции России природопользование, охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности являются общей компетенцией Федерации, субъектов Федерации и органов местного самоуправления. Разграничение полномочий осуществляется между ними по пространственному и ресурсовому признакам. Органы субъектов Федерации и местного самоуправления осуществляют свои полномочия в границах их 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, по 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.2) в качестве самостоятельного шага по нормализации и оптимизации взаимоотношений между местными ведомствами и органами управления в сфере охраны окружающей среды. Положительным является тот факт, что администрация области ищет пути централизации потоков геоэкологической информации на основе соответствующих распоряжений. Однако эта система в большей степени остается информационной, а не аналитической. В этом направлении, как представляется, необходимы более радикальные шаги. Положительным фактом на региональном уровне является также разработка по созданию банка решений научно-технических проблем контроля воздушного бассейна и водных ресурсов для Череповецкого промышленного узла [49]. В целях повышения эффективности природоохранной работы отделом охраны окружающей среды мэрии для условий г. Череповца создана структура управления, при которой в организационную основу положен департамент охраны окружающей среды мэрии, состоящий из четырех отделов (рис.6.2). 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 [49].



—————— прямая подчиненность;
 - - - - - оперативное управление и взаимодействие.

Рис.6.2. Структура департамента охраны окружающей среды г. Череповца

6.3. Алгоритм принятия решений по оптимизации экологической обстановки г. Вологды

6.3.1 Место ГИС экологии города в общей структуре региональных и муниципальных ГИС

Обеспечение экологической безопасности промышленных городов, каковыми являются большинство городов России с населением 200–300 тыс. человек, – проблема многогранная и в каждом регионе характеризуется своей спецификой, обусловленной территориальными, социальными, природными и экономическими факторами. При решении проблем экологического характера на местах должно предусматриваться решение 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.

В настоящее время геоинформационные системы являются одним из наиболее адекватных времени средств информационного обеспечения задач управления в городе и регионе. Преимущества этих систем известны и признаны 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 является возможность ее минимизации и предварительного анализа на основе единого места хранения, что позволяет ответственным органам более быстро 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, ориентация которых направлена на решение частных задач. К таковым относятся задачи земельного кадастра, распределения имущества, социальной сферы и т.п. [10, 20]. 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 – РИАС [49, 58].

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. Такая система должна обеспечивать информационную поддержку решения следующих типовых задач [49]:

— ведение дежурного плана территории города;

— 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 по чрезвычайным ситуациям.

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 эгидой специализированных организаций, ведомств и объединений и иметь при этом унифицированный интерфейс по обмену информацией. ГИС экологии в этом случае представляет собой специализированную систему в рамках либо централизованной, либо децентрализованной муниципальной информационной системы. Она опирается как на собственную информацию экологического банка данных и базы знаний, так и на информационные потоки смежных ГИС.

На рис. 6.3 представлена схема, иллюстрирующая основные задачи муниципального отдела, информационную поддержку которых должна обеспечивать геоинформационная система.

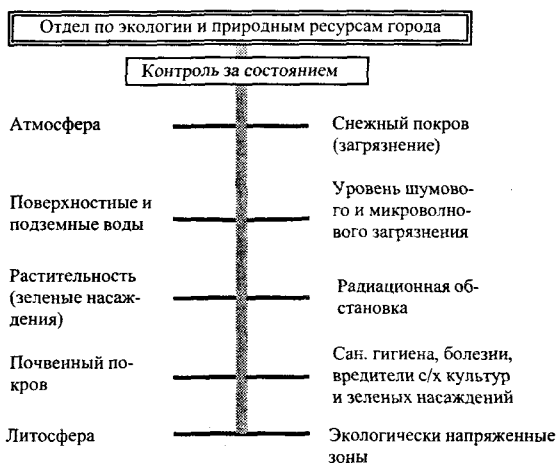


Рис.6.3. Основные задачи, по которым ГИС экологии должна обеспечивать информационную поддержку принятия решений

Импульс к развитию региональных информационных аналитических систем дало постановление Совета Министров РФ от 24.11.93 "О создании единой государственной системы экологического мониторинга". На основе

этого документа 17.01.94 г. администрацией Вологодской области принимается постановление о "Единой областной системе ...", основу которой составляет Региональная информационно-аналитическая система (РИАС). Данное постановление предусматривает "полное владение, пользование и распределение информации" [42] департаментом природных ресурсов и природопользования при администрации Вологодской области в целях эффективности информационного обеспечения процесса управления в области охраны окружающей среды и природных ресурсов. По существу, этим документом регламентируется направленность, дискретность и форма предоставления информации между владельцами информации, природопользователями и областной администрацией (рис.6.4).

Сам факт принятия такого постановления на уровне области дает возможность учесть возможные интересы и 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 должна существовать как горизонтальная (ведомственная), так и вертикальная структура движения и накопления информации. Элементарными звеньями последней являются хозяйства, районы, районные центры и собственно г. Вологда как центр области со своей самостоятельной структурой, отражающей нужды крупной промышленно-городской агломерации и как самостоятельный и равноправный субъект области, на природно-хозяйственные системы которого приходится большая часть техногенной и антропогенной нагрузки, вызывающей особую остроту экологических проблем.

Анализируя созданную структуру и принципы работы РИАС, можно говорить о том, что она в большей степени является 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 принятие решений потребителю.

Используя опыт организации РИАС, а также те методические разработки, которые реализованы в некоторых городах России [10, 20], можно предложить новые подходы в организации муниципальных ГИС и ГИС экологии как составляющей их части.

Администрация, призванная к решению практических проблем обеспечения экологической безопасности населения подведомственного ей региона, 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

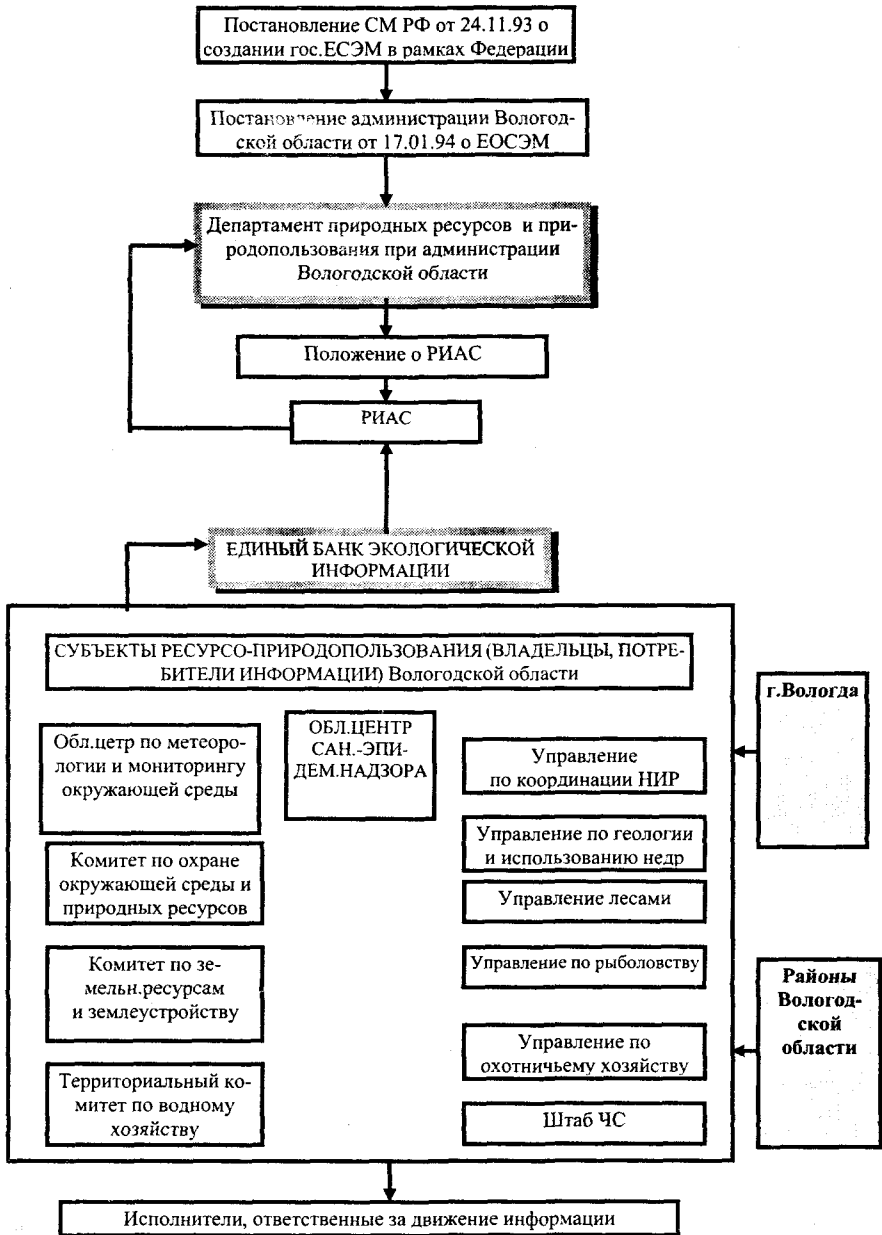


Рис. 6.4. Структура обмена информацией в Вологодской информационно-аналитической экологической системе

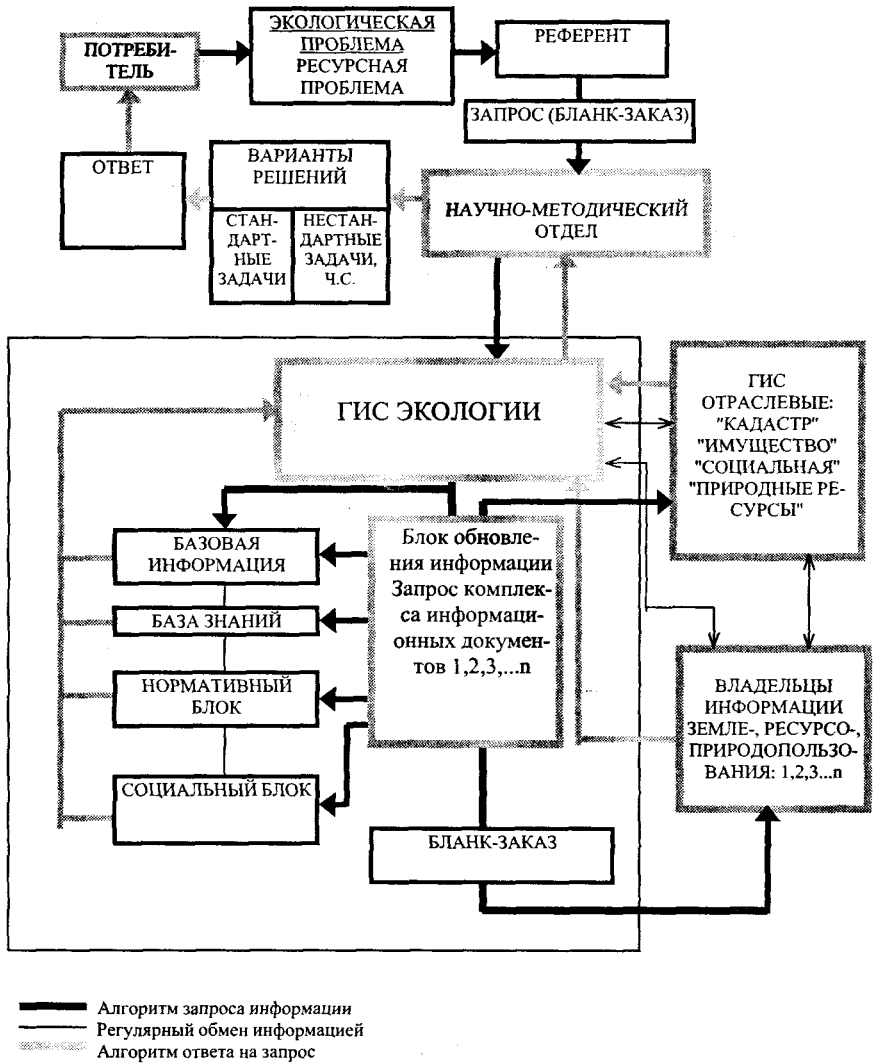


Рис.6.5. Структура и алгоритм принятия решений с использованием ГИС экологии города

и, по мере сил, учитывать и прогнозировать перспективу. На последнее, как показывает практика, времени остается очень мало. Поэтому для лиц, ответственных за принятие решений, очень важно иметь подведомственный аппарату научно-методический (аналитический) отдел, который подготавливает информационный "продукт" с проектами оптимальных решений. Его производство базируется на геоинформационной технологии с использованием информации, поступающей из банка данных, базы знаний, нормативного блока ГИС, социального блока ГИС, а также на основе данных, запрашиваемых от владельцев информации по природопользованию (рис.6.5).

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.6.6).

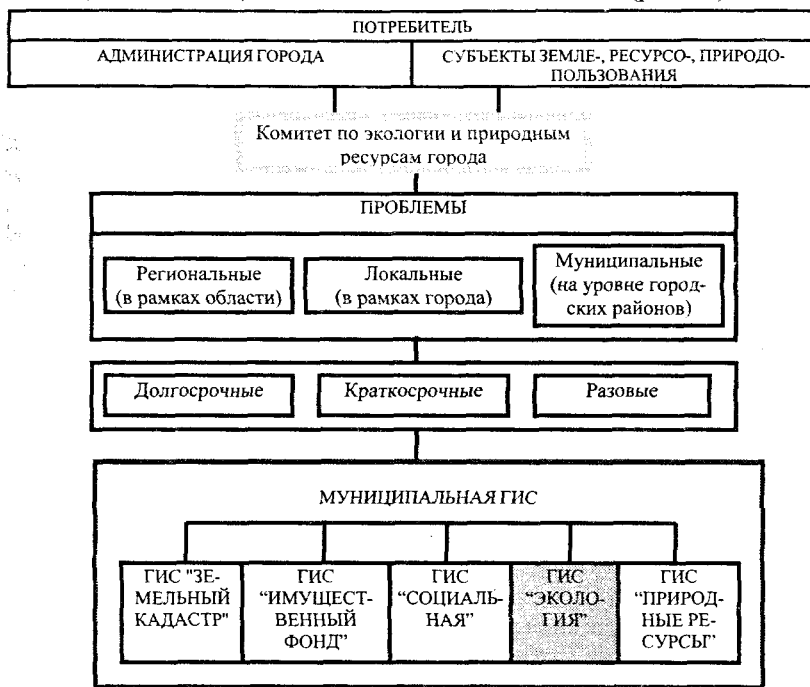


Рис.6.6. Принципиальная схема муниципальной ГИС и место ГИС экологии в ее структуре

В их составе, согласно структуре региональных проблем, должны присутствовать:

— 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, архитектуры, фонда национального достояния (памятники истории, природы и культуры);

— ГИС “Социальная” – с информацией о динамических процессах, происходящих в социальной сфере: миграция и сосредоточенность населения, проблемы социального обеспечения, здравоохранение, правоохранные проблемы;

— 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 перечисленных на рис.6.6 основных блоков тематических ГИС, при переходе на автоматизированные потоки информации представляется необходимым создание специализированных тематических ГИС, таких, как: ГИС “Промышленные предприятия”, ГИС “Водоканал”, ГИС “Предприятия теплосетей”, ГИС “Право”, ГИС “Налоги” и др.

ГИС экология в этой системе 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), а также районный или муниципальный (в рамках городских районов или других элементарных территориальных образований) характер. И, неизбежно, региональная ГИС в любом случае должна быть обеспечена интерфейсом со смежными по вертикальной структуре системами в рамках установленного регламента.

6.3.2 Алгоритмы принятия решений при реализации комплексных и частных задач

Для того, чтобы определить целесообразность использования ГИС-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 в настоящее время не только сократились информационные потоки, но из-за нехватки средств, износа оборудования и отсутствия инвестиций снизилось 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.6.5 представлена возможная структура и алгоритм принятия решений с использованием ГИС-информации по 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 к 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, как правило, 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.

6.4 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 – 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.

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. 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.

Другие варианты решения частных задач могут, например, быть направлены на организацию ливневсбросной и канализационной сети. Так, местоположение городской свалки и очистных сооружений приурочено к слабосточным депрессиям в восточной и юго-восточной перифериях города, где уровень грунтовых вод достаточно высок. В таких случаях загрязняющие вещества не удаляются из данного водосборного бассейна (что, в целом, является положительным фактором для соседей). Для местного 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.

На основе сопоставления данных по заболеваемости населения экологически зависимыми болезнями и карты районирования территории с выделенными экологически напряженными зонами возможно определение причинно-следственных связей между этими показателями и степени их взаимной корреляции.

С помощью ГИС возможно также выделение водоохраных зон основных водотоков, корректировка границ санитарно-защитных зон предприятий, экологическое обоснование и экологическая экспертиза инженерных проектов по строительству и мелиорации территории и т.п. 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 многих многофакторных проблем. В настоящей публикации мы не ставили перед собой задачи создания всережущей системы. 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 оперативных и перспективных решений органами управления и контроля, направленных на обеспечение экологической безопасности населения.

Выбирая стратегические подходы к созданию муниципальных ГИС, было бы предпочтительным создание децентрализованного варианта такой системы. Это во многом упрощает задачи ее структуризации за счет: во-первых, – 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 выработаться концепция их централизации с учетом интересов всех сторон, в том числе владельцев информации и пользователей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог выполненным исследованиям, 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: 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 в полной мере использовать наиболее яркую и сильную сторону ГИС – ее аналитические возможности, 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 выработаться 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 ландшафтной 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 – выдача справки о состоянии объектов контроля, анализ причинно-следственных связей, прогноз 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 при комитете по экологии и в соответствующих подразделениях городской администрации, которые отвечают 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 не стандартных (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 знание целей как осознанной потребности дает основу для предсказания поведения социально-экономической системы (т.е. города) под действием 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 (ЛПР), 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 города. 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.

Таким образом, постепенная отработка предлагаемой методики и технологии позволит вывести систему ГИС экологии г. Вологды в производственный режим.

Список использованных источников

1. Абрамов В.П., Костин С.В. и др. Муниципальная геоинформационная система в Туле – поиск, проблемы, решения // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1997. — № 5 (12). — С. 60-61.
2. Агроклиматический справочник Вологодской области. — Москва: Госкомгидромет, 1965. — 90 с.
3. Акофф Р.А. Системы, организации и междисциплинарные исследования // Сб. Исследования по общей теории систем. — М.: “Прогресс”, 1969.
4. Аппопов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 419 с.
5. Берлянт А.М., Мамаев В.О., Мусин О.Р., Аллутдинов А.Р., Калинин И.В. Создание ГИС «Черное море» – результат международного сотрудничества // ГИС-обозрение. — 1997. — № 1. — С.38-41.
6. Богартс Тео. Общество по городским информационным системам и городские информационные системы в Европе // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1997. — № 1 (8). — 11 с.
7. Волнистов Д.В., Трофимов Н.Д. ГИС «Промплощадка ФЭИ» // Муниципальные геоинформационные системы: Материалы конференции, г. Обнинск, 1996 г. — Обнинск, 1997. — 180 с.
8. Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Поспелова Е.Б., Симонов Ю.Г., Спектор И.Р. Географическая концепция формирования геоинформационных систем для управления сельскохозяйственным производством // Вестн. Моск. ун-та, Сер.5, География, 1989. — № 4. — С. 3-10.
9. Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Симонов Ю.Г., Спектор И.Р. Концептуальная схема функционирования ГИС, ориентированной на управление агропромышленным комплексом // Геоинформационные системы с дистанционным потоком информации. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — С. 64-74.
10. Воробьева Т.А., Поливанов В.С., Тушинский С.Г., Поляков М.М. Структура и информационное обеспечение базы данных ГИС экологии города // Сб. Вопросы региональной геоэкологии. — Вологда, 1997. — С. 143-160.
11. Геоинформационные системы с дистанционным потоком информации. — Москва: Изд-во МГУ, 1990. — 182 с.
12. Герасимов А.П., Глушков В.О., Насретдинов К.К. Проблемы геодезического обеспечения городов России // Материалы ГИС-Ассоциации. — М., 1997. — С. 15-16.
13. ГИС «Иркутская область» // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1998. — № 1 (13). — 60 с.
14. ГИС «Черное море» / Под редакцией А.М.Берлянта, В.О.Мамаева, О.Р.Мусина. — М., 1999. — 60 с.
15. ГОСТ 17.0.0.04-90. Методические рекомендации по заполнению и ведению экологического паспорта промышленного предприятия. — Л.: ЛДНТП, 1991. — 23 с.
16. Доклад "Состояние природной среды Вологодской области" / Областной комитет ООС и ПР. — Вологда, 1995, 1996, 1997, 1998.
17. Дружинин Д.С., Копторов В.В. Проблемы систематологии. — М.: “Советское радио”, 1976.
18. Дынкин А.М., Соломатин М.Е., Никольский Е.К. ГИС «Волга» – территориальная информационная система регионального уровня // ГИС-обозрение. — 1997. № 1. — С. 42-43.

19. Жуков В.Т., Лазарев Г.Е., Косиков А.Г. Региональная геоинформатика. // К.А. Салишев и географическая картография. — М.: МЦ РГО, 1995. — С. 67-76.
20. Иванова Т.Г. О проблеме создания и использования электронных карт города // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — М., 1996. — № 1. — С. 10 - 11.
21. Израэль Ю.А. Экология и контроль природной среды. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 560 с.
22. Израэль Ю.А. Радиоактивное загрязнение земной поверхности // Вестник РАН, том 68. — 1998. — № 10. — С. 898-915.
23. Иوشин М.А. Обзор семинара в г. Ярославле по муниципальным ГИС 7-6 фев. 1996 г. // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — М., 1996. — №1. — С. 10 -18.
24. Капралов Е.Г. Создание ГИС «Экология в г. Тольятти» // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1996. — № 5 (7). — 31 с.
25. Киссов А.И., Асикарин Н.И. Особенности построения ГИС ОАО «Нижевартовскнефтегаз» // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1999. — № 2 (19). — 28 с.
26. Кимстач В.А., Фридман Ш.Д. и др. Концепция системы экологического мониторинга России // Метеорология и гидрология. — 1992. — № 2. — С. 23-29.
27. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС: Учебное пособие. — Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского университета, 1995. —160с.
28. Костарев С.В., Милованов В.К. Применение ГИС-технологий для оценки экологического состояния Омска // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1996. — № 5 (7). — 27 с.
29. Кушлова А.В., Перекрест В.В. ГИС Кабардино-Балкарской Республики // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1996. — № 4 (6). — С. 24-25.
30. Курбатова А.С., Волков В.А. Использование ГИС-технологии при проведении комплексного анализа экологических условий землепользования с целью разработки градостроительной документации и бизнес-планов // Муниципальные геоинформационные систем: Материалы конференции. — Обнинск, 1996. — С. 23-24.
31. Курбатова А.С., Маршев С.В. Использование ГИС в целях оценки экологической ситуации и экологического проектирования // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1996. — 35 с.
32. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. — М.: Изд-во "АВФ", 1996. — 701 с.
33. Магометова А.В., Гаджиев М.К., Опоков А.М. Использование ГИС-технологий для прогноза гидроэкологических ЧС на Дагестанском побережье Каспия // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1998. — № 2 (14). — С. 32-33.
34. Макаров И.М., Соколов В.Б. Игровое имитационное моделирование: Курс лекций, ч. I. Тр. IV Всесоюзного совещания по управлению большими системами. — Алма-Ата, 1977.
35. Макаров И.М., Соколов В.Б., Абрамов А.Л. Целевые комплексные программы. — М.: Изд-во "Знание", 1980. — 135 с.
36. Маневский А.А., Овчинников И. П., Базаров Т.С. и др. Геоинформационная система «Байкал» // Материалы международной конференции «Интернард-2». ГИС для изучения и картографирования окружающей среды. — Иркутск, 1996. — 1013 с.
37. Методические указания по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. — М.: Госкомгидромет СССР, 1988.

38. Муниципальные геоинформационные системы (Обнинск'96): Материалы конференции. — 1997. — 88 с.
39. Отчет о НИР по теме "Разработка и исполнение условий комплексной программы "Экология г. Вологды". — Вологда: НИБ ВГПИ, 1992, 1993, 1994.
40. Поливанов В.С. О принципах классификации антропогенных систем // Проблемы региональной экологии. — Москва, 1997. — № 4. — С. 5-16.
41. Поливанов В.С. Оценка антропогенной нагрузки и естественного самоочищения природно-антропогенных систем // Проблемы региональной экономики. — 1997. — № 1. — С.10-18.
42. Положение о региональной информационно-аналитической экологической системе Вологодской области (РИАС). — Вологда, 1996. — 53 с.
43. Проблемы обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды: Отчет за 1997 г. — Вологда, 1997. — 112 с.
44. Рыбченко В.Н. Ступени создания и развития ГИС-Волгограда // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1998. — № 5 (17). — 39 с.
45. Садовский В.М., Юдин Э.Г. Задачи, методы и предложения общей теории систем. Вступительная статья // Исследования по общей теории систем. — М.: "Прогресс", 1969.
46. Сергеев Д.О., Уткина И.А., Обридко С.В., Щадрина Т.Ю., Явелов А.В. Использование геоинформационных технологий в природоохранной деятельности: практика и перспективы // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1998. — № 3 (15). — С. 32-33.
47. СП П-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства / Госстрой России. — М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. — 41 с.
48. СНиП П-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения / Минстрой России. — М.:ПНИИИС, 1997. — 43 с.
49. 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 научно-исследовательской работе Вологодского научно-координационного центра РАН. — Вологда, 1996. — 196 с.
50. Соколов С.В., Браташов В.А. Опыт применения расчетных программных комплексов экологической оценки территории на базе ГИС // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1998. — № 1 (13). — С. 60-61.
51. Соколов Л.И., Петров А.Н. Технология утилизации отходов очистки бытовых и производственных сточных вод и комплексная оценка ее экологической безопасности // Сб. Инженерные проблемы экологии: Материалы Международной конференции, г. Вологда, 8-10 июня 1993 г. — Вологда, 1993. — Вып. 1.
52. Сытник А.С., Тихонов О.М. Формирование муниципальной геоинформационной системы Обнинска на базе пакетов семейства ARC/INFO-ArcCAD, GIS View, Arc View // Муниципальные геоинформационные системы: Материалы конференции, г. Обнинск, 1996 г. — Обнинск, 1997. — С. 32-33.
53. Усачев П.А., Поляков М.М., Корнилов В.Н. Проблемы обеспечения экологической безопасности населения г. Вологды // Препринт. — Вологда: ВНКЦ РАН. 1995. — 34 с.
54. Цибульский К.Р., Беяков В.А. Информационно-аналитическая система природных и социальных условий полуострова Ямал // Информационный бюллетень / ГИС-Ассоциация. — 1997. — № 2 (9). — С. 66-67.

55. Экологическая обстановка в г. Калининграде Московской области: здоровье населения и окружающая среда / Под ред. В.А.Волкова. — М., 1996. — 64 с.

56. Энциклопедический словарь географических терминов. — М., 1982. — 435 с.

57. Ядычнов Я.Я., Зильев Н.Ф., Диденко Н.Н., Петров Н.А., Чечунова Е.В. Противоречия в территориальном управлении природопользованием, пути их преодоления // Материалы конф. "Противоречия территориального управления в современной России", Екатеринбург, 1997, Том 2. — М., 1998. — С. 106-112.

58. Янушкевич В.Н. Информационные системы и САД-технологии в земельном кадастре и муниципальном управлении // Материалы ГИС-Ассоциации. — М., 1997. — С. 20-25.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- | | |
|----------------------------------|--|
| Поливанов Владимир Сергеевич | — кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник географического факультета Московского государственного университета |
| Поляков Михаил Михайлович | — кандидат технических наук, заведующий отделом Вологодского научно-координационного центра ЦЭМИ РАН |
| Воробьева Татьяна Александровна | — кандидат географических наук, старший научный сотрудник географического факультета МГУ |
| Жданов Алексей Александрович | — заместитель главы города Вологды |
| Красильников Евгений Анатольевич | — младший научный сотрудник географического факультета МГУ |
| Фадеева Ирина Викторовна | — научный сотрудник географического факультета МГУ |
| Якуничев Алексей Сергеевич | — глава города Вологды |

Научное издание

**Поливанов Владимир Сергеевич
Поляков Михаил Михайлович
Воробьева Татьяна Александровна и др.**

**Муниципальные ГИС:
решения экологических проблем**

Техническое редактирование и
оригинал-макет *Т.А. Табунова*

Корректор *Л.Н. Воронина*

Оформление схем и карт *А.Б. Тихомиров*

Компьютерный набор *С.А. Макович*

Лицензия №040925 от 25 ноября 1998 г.

Подписано к печати 25. 02. 2000. Формат бумаги 60x84/16.
Усл. п. л. 8,7 Печать офсетная. Тираж 200 Заказ № 927

Отпечатано с оригинал-макетов в ПФ "Полиграфист"
160001, г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3