

С. А. ДВИНСКИХ, Н. Г. МАКСИМОВИЧ,
К. И. МАЛЕЕВ, О. В. ЛАРЧЕНКО

ЭКОЛОГИЯ ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЫ ГОРОДА



Санкт-Петербург
«НАУКА»

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пермский государственный университет»
Естественнонаучный институт (ЕНИ ПГУ)

С. А. ДВИНСКИХ, Н. Г. МАКСИМОВИЧ,
К. И. МАЛЕЕВ, О. В. ЛАРЧЕНКО

ЭКОЛОГИЯ ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЫ ГОРОДА



Санкт-Петербург
«НАУКА»
2011

УДК 574
ББК 43.4
Э35

С. А. Двинских, Н. Г. Максимович, К. И. Малеев, О. В. Ларченко.
Экология лесопарковой зоны города / Под общ. ред. С. А. Двинских. — СПб.: Наука, 2011. — 154 с. Ил. 56.

ISBN 978-5-02-025510-4

Монография содержит результаты исследований экологической обстановки лесопарковой зоны города на основе системной методологии. В результате создана схема, которая отражает представления о структуре и особенностях функционирования системы, обладающей высокой степенью сложности. В качестве объекта исследования выбран ООПТ «Черняевский лес» в г. Перми. Рассмотрен вклад техногенных, абиотических и биотических факторов в формирование лесопарковых ландшафтов. Как результат выполнен ландшафтный анализ территории, включающий эколого-хозяйственную оценку современного состояния ландшафтов и их разнообразие.

Работа рассчитана на студентов, аспирантов и преподавателей вузов, специалистов в области экологии.

Рецензенты:

проф., д-р техн. наук *И. А. САНФИРОВ* (Горный институт УрОРАН),
проф., д-р биол. наук *И. В. МАЙ* (Пермский краевой научно-исследовательский
клинический институт детской экопатологии)

*Издается по решению ученого совета Естественного института
Пермского государственного университета*

ISBN 978-5-02-025510-4

© Коллектив авторов, 2011
© ЕНИ ПГУ, 2011
© Издательство «Наука», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные используемые сокращения	5
Введение.	6
ГЛАВА 1. Методологическое обоснование изучения экологической обстановки лесопарковых зон города	8
1.1. Методологические подходы к изучению сложных природно-антропогенных систем	8
1.2. Черняевский лесопарк как объект исследования	14
1.3. Формирование экологической обстановки в пределах ООПТ	19
1.4. Достоверность исходной информации	22
ГЛАВА 2. Техногенные факторы	25
2.1. Вклад внешних воздействий в формирование экологической ситуации	25
2.2. Вклад внутренних воздействий в формирование экологической ситуации	36
ГЛАВА 3. Абиотические факторы	42
3.1. Атмосфера	42
3.2. Поверхностные воды	54
3.2.1. Гидрографическая характеристика	54
3.2.2. Химический состав и анализ загрязненности поверхностных вод на территории Черняевского лесопарка	59
3.3. Подземные воды и недра	71
3.3.1. Общая геологическая и гидрогеологическая характеристика	71
3.3.2. Уточнение морфологической структуры территории	75
3.3.3. Грунты и их экологическое состояние	78
3.3.4. Характеристика грунтовых вод	79
3.3.5. Зонирование территории по условиям ведения инженерной деятельности	94
3.3.6. Подземные воды и экологическая обстановка	98
ГЛАВА 4. Биотические факторы.	100
4.1. Растительность	100
4.2. Почвы	111
4.3. Животный мир	120
ГЛАВА 5. Ландшафтный анализ территории ООПТ «Черняевский лес»	124
5.1. Условия формирования ландшафтов ООПТ «Черняевский лес»	124
5.2. Экологически значимые факторы и функции природных ландшафтов	129

5.3. Эколого-хозяйственная оценка современного состояния ландшафтных участков	135
5.4. Оценка устойчивости ландшафтов к техногенному воздействию	136
5.4.1. Виды устойчивости ландшафтов	136
5.4.2. Оценка чувствительности ландшафтов	142
5.5. Ландшафтное разнообразие	143
5.6. Зонирование территории Черняевского лесопарка по напряженности экологической обстановки	147
Памяти К. И. Малеева	149
Список литературы	151

ОСНОВНЫЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

а. е.	— атомная единица
БПК (БПК _п , БПК ₅)	— биохимическое потребление кислорода (в скобках — соответственно полное и за 5 сут инкубации)
ДДЗ	— дистанционное зондирование Земли
ЗВ	— загрязняющие вещества
КЭР	— коэффициент экологического риска
ЛОС	— летучие органические соединения
МСХ	— министерство сельского хозяйства
мкр.	— микрорайон
ООПТ	— особо охраняемая природная территория
ПДК (ПДК _{атм. возд.} , ПДК _{р/х})	— предельно-допустимая концентрация вещества (в скобках — в атмосферном воздухе и в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения соответственно)
п/л	— пионерский лагерь
ПНОС	— ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез»
ПЦГМС	— Пермский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
СМ	— системная методология
СПАВ	— синтетические поверхностно-активные вещества
ТБО	— твердые бытовые отходы
УПРЗА	— унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы
ФГУП	— федеральное государственное унитарное предприятие
ХПК	— химическое потребление кислорода
ЦИНАО	— Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства
ЦМР	— цифровая модель рельефа
ЭОЛ	— экологическая оценка ландшафта
ЭХС	— эколого-хозяйственное состояние

ВВЕДЕНИЕ

Животный и растительный мир в прошлом и настоящем, со всей сложностью и многообразием обитающих на Земле видов, представляет собой в конечном счете продукт единого эволюционного процесса. Человек — одно из звеньев непрерывной эволюционной цепи. Как существо социальное, он приобрел много новых, не свойственных для него, качеств, однако не утратил своей биологической сущности. Как и все остальные обитатели Земли, он подчиняется известным биологическим законам. Один из них — приспособление видов к изменяющимся условиям существования. Но с развитием промышленного производства человечество начало пытаться приспособить к себе условия существования, производя для этого многочисленные продукты материальной культуры. Следствием этого явилось накопление невостребованных продуктов переработки, выбрасываемых в природные среды — атмо-, гидро- и литосферу. Создаются новые, специфические условия обитания, поскольку масштабы поступления этих продуктов превосходят масштабы естественного круговорота тех же веществ на земном шаре, не говоря уже о создании принципиально новых, ранее не встречающихся химических композиций.

Изменение круговорота и перераспределение веществ обычно ведет к коренной перестройке биосферы с длительным, в течение многих поколений, становлением новых, устойчивых сообществ живых существ. Цена этих изменений — гибель множества видов животных и растений. Для их сохранения создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ).

В условиях городов такими островками природы являются лесопарки. Они занимают относительно большие площади и используются в основном в рекреационных целях. Однако, находясь в большом городе, лесопарки не могут не испытывать на себе его влияния. В основном это загрязнение атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, рекреационная нагрузка и как следствие — изменение всех компонентов природной среды и устойчивости ландшафтов. В связи с этим в последнее время все большую значимость, актуальность и определенность приобретает экологическая направленность исследований, выражающаяся в изучении окружающей среды не только как объекта деятельности человека, но и объекта, существенно и необратимо изменяющегося в результате этой деятельности.

Основной вопрос при изучении урбанизации территории — всесторонняя оценка воздействия инженерно-хозяйственной деятельности человека на природную геосистему, характер и масштабы этого воздействия, его последствия. Такое рассмотрение осуществляется по следующей схеме: хозяйственная деятельность — виды техногенного воздействия на окружающую среду — измене-

ние окружающей среды, вызванное различными видами техногенного воздействия — последствия вызванных изменений окружающей среды, характер и масштаб их влияния на жизнедеятельность человека — целесообразность благоустройства и развития лесопарковых территорий.

Назначение лесопарков — сохранение экологически благоприятной природной среды для отдыха населения, с одной стороны, и сохранение ландшафтного разнообразия, обеспечивающего воспроизводство природной среды, — с другой. Примером такой лесопарковой территории является ООПТ «Черняевский лес» (далее — Черняевский лесопарк). На примере его комплексного изучения отработана методика исследований и зонирования ландшафтов по степени их устойчивости к техногенным воздействиям.

Район ООПТ «Черняевский лес» представляет собой лесной массив, на территории которого находятся лечебные учреждения (областной туберкулезный диспансер, детская больница, госпиталь ветеранов войн), оздоровительные учреждения (дома отдыха, профилакторий), ипподром, парк культуры и отдыха и одно закрытое промышленное предприятие. Общая площадь лесопарка 689,9 га.

Обширный лесной массив в черте города — большая редкость для таких больших промышленных городов, как Пермь. Удобное расположение, оборудованность пешеходных маршрутов, спортивные площадки, беговые дорожки, наличие зимой лыжных трасс и развлекательный комплекс сделали Черняевский лес любимым местом отдыха горожан. Однако в настоящее время из-за антропогенного воздействия значительно ухудшилось состояние растительного и животного мира городского парка.

В результате проведенных исследований получены объективные сведения о сформировавшейся здесь экологической ситуации, в свете которых был рассмотрен проект реорганизации ООПТ «Черняевский лес».

В подготовке монографии принимали участие: канд. мед. наук, доцент Т. В. Зуева (гл. 2); канд. геогр. наук Д. Е. Клименко (гл. 3); канд. геогр. наук Е. А. Хайрулина (гл. 3); В. В. Шипигузова, Ю. А. Рогизная, канд. биол. наук, доцент Т. А. Бойко, канд. биол. наук, доцент С. А. Шураков, д-р биол. наук, проф. Н. Л. Колясникова (гл. 4); канд. геогр. наук А. П. Герасимов (гл. 5). Кроме того, в сборе материала принимали участие сотрудники и студенты Пермской сельскохозяйственной академии и Пермского государственного университета.

ГЛАВА 1

МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ЛЕСОПАРКОВЫХ ЗОН ГОРОДА

1.1. Методологические подходы к изучению сложных природно-антропогенных систем

Для современного развития общества характерен общественный и научный интерес к проблемам окружающей среды. До сего времени актуальны такие исследования геосистем, которые показывают совокупность и многообразие процессов как внутри них, так и в системе с окружающей средой, отражают их и на теоретическом уровне, и в конкретных условиях. Нерешенность таких проблем до последнего времени связана со следующими причинами:

- с отсутствием методологического и методического единства в изучении разнообразных процессов,
- с исторически сложившимся различием познавательного аппарата разных наук.

Поэтому получаемые результаты трудно сопоставимы по характеру определяемых параметров. Попытки привести все показатели к относительному виду результативны лишь в частных, наиболее простых случаях: чем сложнее система, тем хуже результат.

Решить проблему научного обоснования методологических подходов и методик конкретных исследований можно двумя путями.

Первый из них — эмпирический. Он заключается в обобщении частных методик на конкретных объектах, их совершенствовании и последующем синтезе на основе отбора наиболее общих признаков.

Второй — теоретический, представляющий первоначальную «идеальную» модель методологических принципов, которая создана на основе каких-либо предельно общих представлений и выполняется с учетом реальных условий. Не отвергая первый путь, считаем наиболее приемлемым второй, так как «он должен позволить самую сложную проблему — увязки взаимосвязанных компонентов — решать автоматически на стадии выделения и постановки научно-исследовательских задач» [Девяткова, 1997].

Таким образом, суть проблемы — в создании структуры методологического знания на предельно общем уровне, который позволяет решать конкретные практические задачи. Однако методологическое знание можно создать только на основе накопления фактических материалов. Создание методологии на уровне абстрактных логических конструкций нуждается в конкретном объекте. С одной стороны, этот объект должен обладать наибольшей степенью сложности, с другой — максимально возможным набором и объемом изученных (пусть даже обособленно) процессов. Именно к таким объектам можно отнести городские территории.

В настоящее время все большее значение при изучении природных, социальных и других процессов приобретает системный подход.

Существуют различные подходы к изучению систем, а именно:

1) *системный подход* — принципы комплексного исследования объектов, составляющих в совокупности сложную динамическую систему. Он имеет качественно-структурный характер без четкого механизма применения, широко распространен в географии (его придерживаются Б. В. Сочава, К. Н. Дьяконов, А. Ю. Ретеюм, С. А. Двинских и др.). При общем признании значимости системного подхода у исследователей-«системщиков» имеются весьма различные представления о его сущности и способах применения;

2) *системный анализ* — математическая теория систем, используемая при решении многих проблем при относительно произвольной постановке задач. Такой подход возможен при исследованиях водного, теплового, гидродинамического, гидрохимического режимов водных объектов и их систем (его сторонники В. А. Знаменский, Н. В. Буторин, А. С. Литвинов, С. А. Поддубный и др.). Применение указанного метода может быть результативным лишь в частных случаях, когда исследуемый процесс не зависит от внешних связей или осуществляется в условиях заданного режима функционирования;

3) *системная методология* — данная методология применяется и к материальным объектам (например, территория), и к процессам (например, движение воды) и имеет всеобщий характер. Она отражает общие законы диалектики и представляет собой выражение принципов и законов в виде однозначного механизма их применения от постановки задачи до ее решения, при этом она позволяет более обоснованно применять математический системный анализ (эту методологию поддерживают Б. В. Ряшко, К. А. Куркин, Т. П. Девяткова, С. А. Двинских).

Для решения поставленных задач и с учетом имеющейся информации по характеру разнородных процессов наиболее приемлемым способом изучения систем является системная методология (СМ).

Формой системно-методологического знания является структурно-функциональная схема, отражающая взаимосвязи на разных уровнях. Конструктивная особенность этой схемы — ее триадное выражение (тезис—антитезис—синтез). Диалектическая триада на уровне СМ имеет конкретное содержание. Это выражается в том, что в любой системе на каждом иерархическом уровне существуют три необходимые и достаточные части:

— первая — *основная* — выражает функцию всей системы в системе более общего вида (надсистеме);

— вторая — *вспомогательная* — диалектически противоположна основной части;

— третья — *обеспечивающая* — обеспечивает взаимодействие первых двух частей.

На основе принятого в СМ языка исходных понятий полная информация о системе как определенной части более общей целостности должна представлять совокупность представлений *о ее структуре, функционировании и развитии* (рис. 1.1).

Структура выражает способ связи внутренних частей, элементов, сторон системы. Элементы и связи могут иметь и материальное, и организационное содержание. Связь между элементами выражается в существовании зависимо-

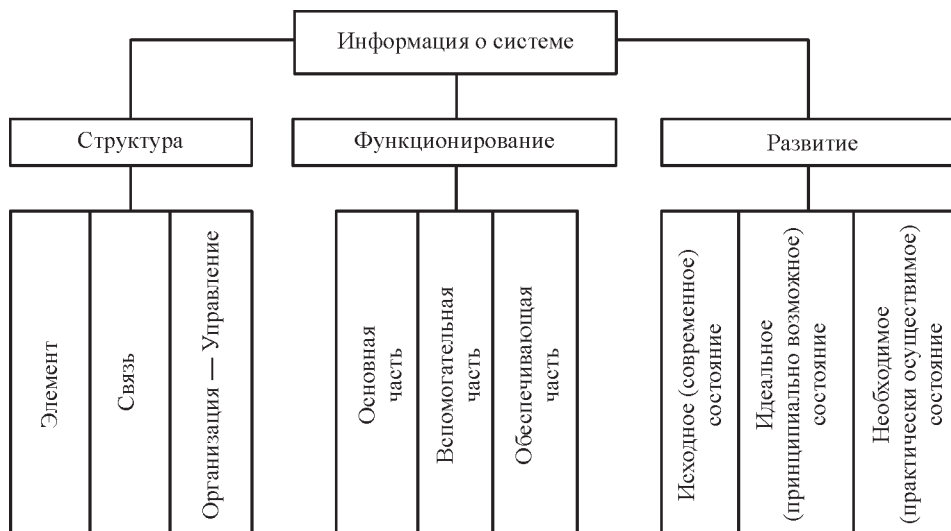


Рис. 1.1. Состав и структура частей системы согласно системной методологии [Девятова, 1997].

стей. Взаимодействие между элементами обеспечивается понятием *организация*.

Систему понятий, характеризующих изменения свойств иерархически-целостной системы, представляет пара *функционирование—развитие*.

Функционирование выражает циклически повторяющееся взаимодействие частей объекта в условиях неизменной (или заданной) структуры его внутреннего содержания. Функционирование характеризуется взаимодействием основной, вспомогательной и обеспечивающей частей.

Развитие проявляется во взаимодействии состояний функционирования: исходного (современного), идеального (принципиально возможного) и необходимого (практически осуществимого).

Особого внимания заслуживает понятие об идеальном, принципиально возможном, состоянии системы, поскольку в зависимости от характера изменений (саморегулирование или результат управления человеком) сущность и роль «идеала» изменяются. В случае саморегулирующихся природных систем «идеал», очевидно, и представляет собой устойчивое функционирование системы с определенной структурой при неизменных внешних условиях среды.

Согласно этой схеме, системная методология предполагает следующее:

— постановку задачи исследования как изучение функционирования и возможностей развития системы при заданной или предварительно установленной ее структуре,

— решение поставленной задачи,

— получение результата.

Применение СМ требует выполнения следующих условий:

- 1) систематизации основных понятий и терминов,
- 2) определения формы, механизма исследования,
- 3) анализа достоверной информации.

Системные «потоки», берущие начало в философии, физико-математических науках и естествознании, почти не сливаясь, по-своему определили смысл понятия «система» и разработали свои термины при ее изучении. Зачастую между ними возникают разногласия (противоречия), для преодоления которых понятия и термины необходимо систематизировать. «Системщики»-философы дали чрезмерно общее понятие системы как совокупности элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих определенную целостность.

Система представляет собой совокупность необходимого числа разнородных элементов, связанных между собой определенным образом для выполнения определенной функции в более общем образовании (системе) [Девяткова, 1997].

В естествознании существуют различные толкования понятия «система».

Экосистема — это пространственно определенная совокупность живых организмов и среды их обитания, объединенных вещественно-энергетическими и информационными взаимодействиями [Реймерс, 1990]. Границы экосистем выражены нечетко и, как правило, определяются визуально. С одной стороны, пользоваться этим понятием неудобно, но с другой — необходимо, например при геоботаническом описании фитоценозов (луговых, лесных и др.).

Геосистема — это любые физико-географические образования от фации до географической оболочки Земли — понятие, близкое к экосистеме, но с центром внимания к абиотическим компонентам и пространственным закономерностям [Реймерс, 1995]. Границы геосистем определить легче, чем экосистем.

Ландшафт представлен следующим рядом компонентов: геологическое строение—литология—рельеф—климат—почвы—растительность—животный мир. Но система может быть представлена и всеми перечисленными компонентами, и одним или несколькими из них. «По своей структуре система может быть равна ландшафту, а может быть и меньше его» [Двинских и др., 1992].

Природный комплекс представляет собой совокупность биогеоценозов на определенной территории (например, приуроченных к долине р. Камы). Комплекс отличается от системы тем, что может включать в себя компоненты с разной степенью связанности, даже равной нулю, но выполняет единую функцию, например жилой комплекс. Он может совпадать с ландшафтом и системой, а может представлять индивидуальное образование. В природе, очевидно, комплекс в чистом виде не встречается и более подходит для оценки антропогенных преобразований [Двинских и др., 1992].

Границы этих систем трудно поддаются определению на конкретной территории, в отличие от *природной системы* как множества закономерно связанных друг с другом функциональных элементов, представляющих собой целостное образование [Реймерс, 1995].

По своему происхождению природные системы могут быть естественно-природными, природно-антропогенными или могут носить в чистом виде антропогенный характер.

Естественно-природная система — это система, функционирование которой не зависит от человека, а изменчивость ее определяется внешними природными воздействиями.

Природно-антропогенная система наряду с природными явлениями включает в себя искусственно созданные природные объекты. К таким системам относят, например, водохранилища.

Антропогенная система, полностью созданная человеком, — это заасфальтированные дороги, поселки, различные строения.

Природные системы (эко-, геосистемы) развиваются под воздействием ряда факторов. В науке существуют различные понятия факторов среды. Они либо составляют части системы, либо являются причинами ее изменений.

В экологии под *факторами* понимают элементы, из которых складывается экосистема, они делятся на биотические, абиотические и антропогенные. В географических исследованиях под термином «факторы» объединяют разнообразные объекты, процессы, связи. Чем больше в системе факторов, тем она сложнее [Двинских и др., 1992].

С точки зрения системной методологии, среди составных частей системы существуют элементы — факторы, которые можно разделить на три различающихся вида:

- 1) *системообразующие* (объединяют всю систему в единое целое);
- 2) *внешние* (определяют внешние воздействия);
- 3) *результатирующие* (отражают результат взаимодействия первых двух).

На основе системной методологии проведено исследование экологической ситуации лесопарковой зоны города (на примере территории ООПТ «Черняевский лес» в г. Перми). В результате создана структурно-функциональная схема, которая отражает представления о структуре и особенностях функционирования системы, обладающей высокой степенью сложности. Одной из схем, входящих в эту модель, является структурная схема, отражающая формирование экологической ситуации любой территории (рис. 1.2).

Она представляет собой три кольцевых иерархических уровня.

Самый общий иерархический *уровень I* содержит три блока факторов (подсистем), формирующих экологическую ситуацию:

- 1) биотический (основной),
- 2) абиотический (вспомогательный),
- 3) техногенный (обеспечивающий).

Это подсистемы 1-го порядка. Среди них абиотические факторы являются системообразующими, техногенные определяют внешние воздействия и биотические отражают результат взаимодействия первых двух.

На следующем иерархическом *уровне II* каждая из подсистем состоит в свою очередь из трех подсистем 2-го порядка.

Среди *абиотических факторов* можно выделить:

— климатические (годовые суммы атмосферных осадков и их распределение по сезонам; интенсивность осадков; направление и сила преобладающих ветров; условия атмосферной дисперсии, состояние атмосферы; устойчивость, стратификация, температуры воздуха; экстремальные атмосферные явления);

— гидрологические (площадь водосбора; расход воды в водотоке; химическая структура соединений; температура воды, pH; содержание растворенного кислорода, углекислого газа; механический и минералогический состав взвешенных веществ и донных отложений);

— геологические и гидрогеологические (тип и формы рельефа; экспозиция склонов; густота эрозионного расчленения; глубина залегания грунтовых вод, их химический состав).

Среди *биотических факторов* выделяются: растительный и животный мир, почвенный покров.

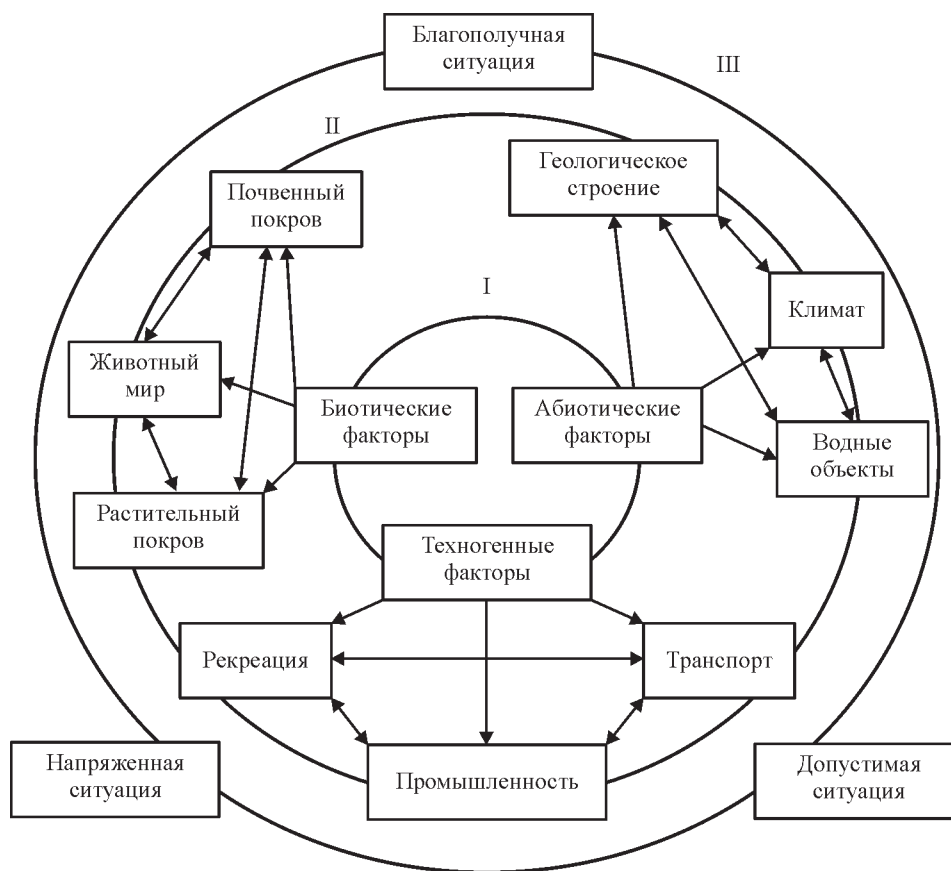


Рис. 1.2. Структурно-функциональная схема формирования экологической ситуации.

Факторы почвенного покрова включают в себя:

- генетические типы почв; почвообразующие породы (строение, литологический состав, мощность, трещиноватость грунтовой толщи в пределах зоны аэрации);

- мощность деятельного слоя;

- продуктивность почв;

- окислительно-восстановительные условия в почвах (с преобладанием окислительной обстановки, восстановительной глеевой, восстановительной сероводородной);

- физико-химические и физико-механические свойства различных почвенных разностей (рН, ЕН);

- сорбционную емкость почв;

- сельскохозяйственную освоенность почв.

Растительный мир включает в себя:

- растительные сообщества, видовое разнообразие;

- структуру площадей лесного фонда;

- территориальное размещение лесов;

— видовой и возрастной состав лесного фонда, распределение по породам и группам возраста, общую биомассу лесного фонда, состояние лесов (санитарное состояние, завалы, залежи, болезни);

— площади посевных площадей, естественных лугов и пастбищ, продуктивность, их состояние, связанное с хозяйственной деятельностью (перевыпас, подтопление).

Животный мир включает в себя:

— видовой состав и численность популяций;

— миграционные процессы, пути и сроки миграции, исчезающие виды;

— перелетные виды птиц, степень обеспечения гнездования, зимующие и водоплавающие виды птиц;

— бактериологическую характеристику района, патогенные и другие виды микроорганизмов;

— почвенную фауну, гельминтов.

Среди *техногенных факторов* можно выделить: рекреацию, промышленность и транспорт.

Взаимосвязи и отношения внутри II подсистемы носят более сложный характер. Изучение любого элемента такой сложной системы может быть целью исследования. По нашему мнению, на этом уровне водный фактор является системообразующим, так как объединяет все компоненты системы в единое целое. В круговороте вещества и энергии водный режим — транспортное звено и интегрирующий фактор процессов, которые происходят в природном комплексе. Любое изменение в водном режиме приводит либо к восстановлению прежней системы, либо к образованию качественно новой.

Изменение водного режима существенно сказывается и на других элементах природного комплекса: меняются почвообразовательный процесс и свойства самих почв, трансформируется видовой состав растительности и формируются новые фитоценозы, видоизменяются водные и наземные природные комплексы. Таким образом, водный режим определяет изменения в системе, а почвы и растительность реагируют с некоторой инерцией на эти перемены и отражают их результат.

Иерархический *уровень III* представляет собой результат взаимодействия составных частей подсистемы II порядка — экологическую обстановку в изучаемой системе.

Взаимодействием всех частей системы характеризуется ее функционирование.

Объективность полученных результатов исследований с использованием системного подхода во многом определяется качеством и количеством используемой информации.

1.2. Черняевский лесопарк как объект исследования

Город Пермь — единственный из больших промышленных центров России, в состав которого входят десятки тысяч гектаров городских лесов.

Городские леса — это лесные угодья, расположенные на территориях городских поселений, выделяемых одновременно с установлением или изменением границ городов. В состав городских лесов входят покрытые и не покрытые

ТАБЛИЦА 1.1

Распределение городских лесов по пользователям

Уровень собственности предприятия (пользователя), обслуживающего городские леса	Площадь, га	
	общая	обслуживания
Федеральный:	35 242	
ГУ «Закамский лесхоз» (три лесничества)		13 292
ГУ «Пермский лесхоз» (три лесничества)		18 387
ГУ «Комарихинский лесхоз» (Лядовское лесничество)		3 563
Муниципальный:	689	
ООПТ «Черняевский лес»		689
Ведомственный:	3 108	
ГП «Завод им. С. М. Кирова» (в границах завода)		2 684
ООО «Пермагролес», в том числе:		424
ФГУП «Племенной завод „Верхнемуллинский”»		79
СПК «Мотовилихинский»		345
Собственник территории не определен:	1 907	
Кировский и Дзержинский районы (отдельные участки на правом берегу р. Камы)		528
Индустриальный р-н:		
Андроновские горы		500
«Парк Победы»*		43
Орджоникидзевский район:		
Мкр. «Гайва»*		270
Мкр. «Левшино-Чапаевский»*		566
Итого	40 946	39 039
	(из них ООПТ — 5130)	

* До 2000 г. обслуживались МПДЦ «Совхоз „Цветы Прикамья”» по договору с МУВБ при отсутствии оснований и без постановки на баланс.

лесом земли, а также нелесные земли в контуре лесных массивов, используемые для охраны леса, организации лесопользования и ведения лесного хозяйства и не исключенные из состава лесов в установленном порядке. В настоящее время на территории г. Перми находится около 41 000 га лесов, отнесенных в соответствии с Лесным кодексом РФ к категории городских. Городские леса являются федеральной собственностью, но при этом находятся на обслуживании у пользователей различных уровней собственности (табл. 1.1).

Городские леса и древесно-кустарниковая растительность зон застройки г. Перми — средообразующий фактор, выполняющий следующие функции:

- санитарно-гигиенические,
- культурно-оздоровительные,
- рекреационные,

- бальнеологические,
- эстетические,
- водоохранные,
- почвозащитные.

По данным учета лесного фонда на 1 января 1998 г., основные лесообразующие породы деревьев лесов города — ель, береза, липа, сосна, осина; а по возрастной структуре насаждений преобладают деревья спелых, средневозрастных и приспевающих возрастов. Очень мало молодняков, что связано с повышенными требованиями к сохранению городских лесов и недопустимости проведения в них сплошных рубок. Вместе с тем высокий возраст у древостоев с упрощенной возрастной структурой приводит к ухудшению их санитарного состояния, высокой степени захламленности, ухудшению рекреационных свойств.

Поскольку городские леса, расположенные в границах города, предназначенные для сохранения благоприятной экологической обстановки, а также для отдыха населения, проведения культурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, они испытывают дополнительные нагрузки, связанные с их доступностью для населения. Городские леса — это не только место отдыха горожан, в них расположены многочисленные гаражные и садовые кооперативы. Следствием этого являются лесные пожары, незаконные рубки и браконьерство, несанкционированные свалки отходов.

В соответствии с указом¹ губернатора Пермской области, систему ООПТ г. Перми составляют территории, перечисленные в табл. 1.2.

Примером решения проблемы охраны и содержания ООПТ может служить «Черняевский лес» в г. Перми, переданный указом² губернатора Пермской области в ведение администрации г. Перми.

Черняевский лесопарк (Балатовский парк) — городской парк культуры и отдыха, расположенный на территории Индустриального и Дзержинского районов г. Перми (рис. 1.3). Находится под патронажем Пермского городского лесничества.

Основные лесообразующие породы парка — сосна обыкновенная, ель и пихта сибирские. В меньшей степени представлены береза, ольха и осина. В парке имеются искусственные посадки деревьев, не типичных для природы Урала: яблони сибирской, груши уссурийской, клена ясенелистного и остролистного, черемухи Маака и пенсильванской, сирени венгерской и др. На лесных полянах произрастают более 50 видов растений, большинство из которых — травянистые многолетники, среди них пищевые, лекарственные, кормовые, сорные. На территории лесопарка произрастают 14 редких видов растений, нуждающихся в охране.

В лесопарке можно встретить множество видов птиц, раньше было много белок, иногда встречались зайцы и даже заходили лоси.

Общая площадь лесопарка 689,9 га. Обширный лесной массив в черте города — большая редкость для таких больших промышленных городов, как Пермь.

¹ От 26 января 2001 г. № 163 «Об уточнении статуса, категории, границ и режима охраны особо охраняемых природных территорий».

² От 7 апреля 2000 г. № 102 «Об изменении статуса особо охраняемой природной территории Балатовский пригородный лесной парк „Черняевский лес“».

ТАБЛИЦА 1.2

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) г. Перми

Название	Статус		Площадь, га	Документ, определяющий режимы охраны и использования
	на 1999 г.	на 2003 г.		
Государственный ботанический сад им. проф. А. Г. Генкеля Городской сад им. А. М. Горького	Памятник природы (регионального значения)	Памятник природы (регионального значения)	27.5	Отсутствует
	Историко-природная территория (регионального значения)	Парк поселения (местного значения)	8.8	
Сосновый Бор	То же	Лесопарк (местного значения)	120.0	Положение о парке поселения «Сад им. А. М. Горького», утвержденное постановлением главы городского округа № 903 от 7 апреля 2004 г. Положение о парке поселения «Сосновый Бор», утвержденное постановлением главы города от 08.10.03 № 2947
	Лесной генетический природный резерват (регионального значения)	Лесной генетический природный резерват (регионального значения)	765.0	
Резерват ели сибирской (Мотовилихинское лесничество Пермского лесхоза) Черняевский лес	Лесной генетический природный резерват (регионального значения)	Лесной генетический природный резерват (регионального значения)	689.9	Положение о лесопарке г. Перми «Черняевский лес», утвержденное постановлением главы городского округа № 71 от 26 февраля 2001 г. Указ губернатора Пермской области от 30.10.02 № 218 «Об организации особо охраняемых природных территорий»
	Ботанический памятник природы (регионального значения)	Ботанический памятник природы (регионального значения)	41.0	

Примечание: Общая площадь ООПТ в 1999 г. 5149,7 га, в 2003 г. — 887,2 га.

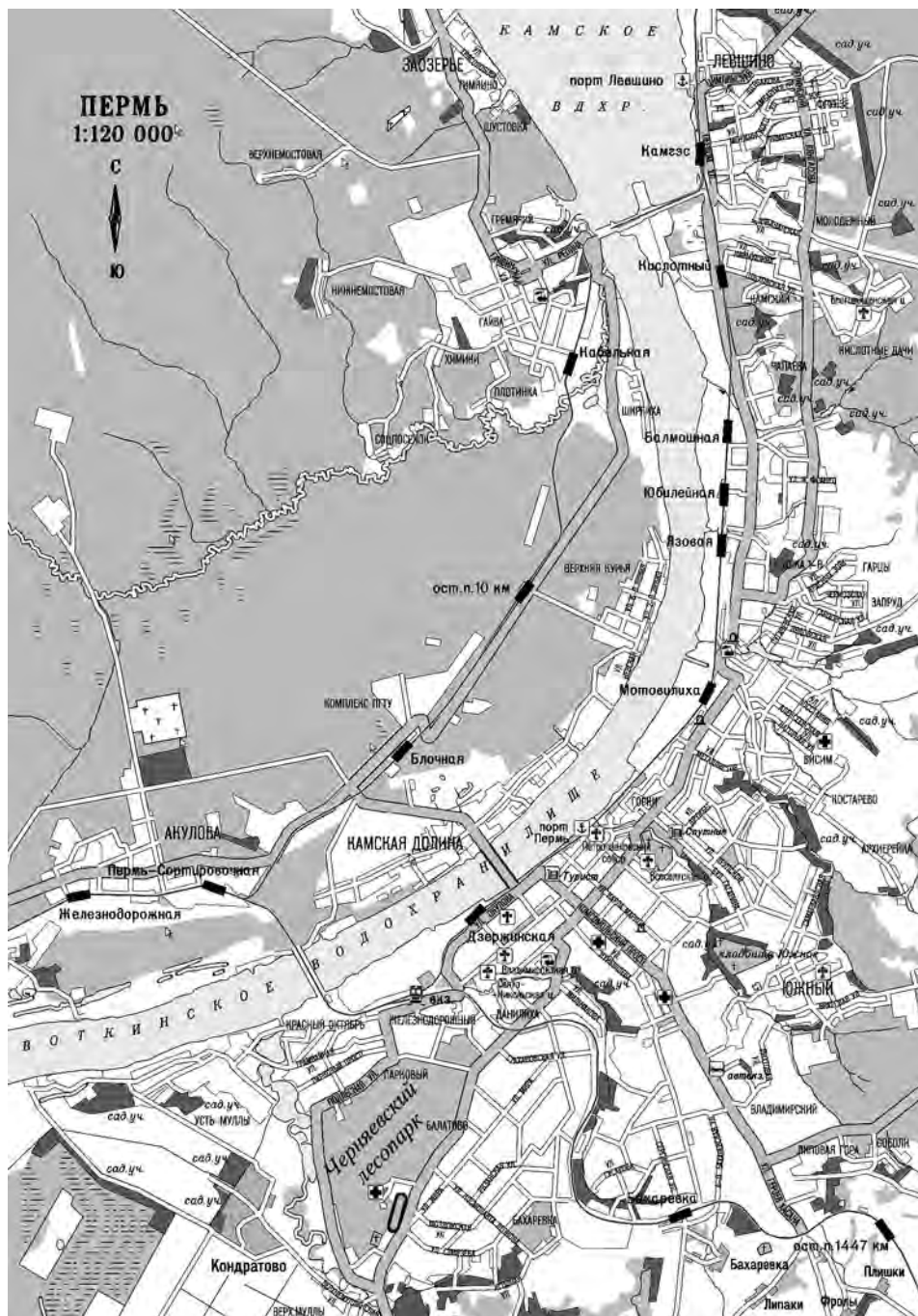


Рис. 1.3. Расположение Чернышевского лесопарка в пределах г. Перми.

Удобное расположение лесопарка, оборудованность пешеходных маршрутов, спортивные площадки, беговые дорожки, наличие лыжных трасс (зимой) и развлекательный комплекс сделали Черняевский лес любимым местом отдыха горожан. В настоящее время из-за антропогенного воздействия значительно ухудшилось состояние растительного и животного мира городского парка, изменилась его экологическая обстановка.

1.3. Формирование экологической обстановки в пределах ООПТ

Экологическую обстановку разной степени благополучия или неблагополучия на территории создают экологические ситуации, представляющие собой сочетание различных (позитивных и негативных) условий и факторов [Кочуров, Иванов, 1987; Кочуров, 1999].

Отсутствие проблем или их незначительное проявление формирует естественную (природную) экологическую ситуацию.

Неблагоприятную экологическую ситуацию мы рассматриваем как совокупность проблем, нарушающих естественную структуру и функционирование ландшафта (в результате антропогенной деятельности).

Экологическую ситуацию, отличную от естественной, определяет ряд признаков:

1) изменение свойств отдельных элементов ландшафта (например, химического состава атмосферного воздуха, почв и др.) — формирование природно-антропогенного ландшафта;

2) изменение свойств ландшафта в целом (преобразование природного или природно-антропогенного ландшафта в антропогенный);

3) интенсивность проявления экологических проблем.

Причина появления экологических проблем, а следовательно, и формирования экологической ситуации — природопользование. В процессе природопользования возникают противоречия между свойствами ландшафта и антропогенной нагрузкой («давлением» человека на природу), и чем больше антропогенная нагрузка, тем сильнее противоречия и острее возникающая экологическая проблема (загрязнение атмосферного воздуха, вод, эрозия и пр.), и напряженнее экологическая ситуация.

Степень напряженности экологической ситуации напрямую связана с преобразованием (или охватом человеческой деятельности) структуры ландшафта. Если в процессе природопользования изменяется только один или несколько компонентов (элементов) ландшафта, но не изменяется его функционирование, то можно предположить, что после прекращения антропогенных воздействий ландшафт может вернуться на естественную траекторию развития [Двинских и др., 1992]. Если же функционирование ландшафта изменилось, то и после прекращения действия антропогенных нагрузок система не сможет восстановить свой первоначальный природный облик.

Поскольку экологическая проблема определяется нами по изменению свойств ландшафтов, то степень ее проявления можно охарактеризовать через интенсивность и площадь распространения этих изменений и характер последствий. Выделено пять групп остроты экологических ситуаций:

1) благоприятная — свойства ландшафтов не изменяются, ландшафт устойчив, нет угрозы для ООПТ;

2) допустимая — незначительные изменения средо- и ресурсовоспроизводящих свойств. Устойчивость отдельных компонентов может быть меньше, чем в естественных условиях, но в целом ландшафт устойчив. Для сохранения ООПТ устанавливают буферную зону;

3) удовлетворительная — значительные и слабокомпенсированные изменения ландшафтов. Возникает риск частичной утраты ООПТ. Устойчивость ландшафта нарушена, но может восстановиться после снятия антропогенных нагрузок;

4) напряженная — негативное изменение отдельных компонентов и частично функционирования ландшафта, в том числе и ООПТ. Устойчивость можно частично восстановить только после снятия антропогенных нагрузок и проведения природоохранных мероприятий;

5) кризисная — необратимые изменения ландшафтов, полное изменение структуры и функционирования, устойчивость не восстанавливается, ландшафт полностью преобразован (см. рис. 1.2).

Однако при этом нельзя оставлять без внимания и тот факт, что одинаковая антропогенная нагрузка приводит к формированию разных экологических проблем и ситуаций. Последнее объясняется индивидуальностью ландшафта, благодаря которой отклик на антропогенные воздействия различных по структуре и функционированию ландшафтов будет разным. Для характеристики этого отклика введено понятие «экологическая оценка ландшафта» (ЭОЛ) [Кочуров, 1999], которую проводят на основе природно-ландшафтной дифференциации. Последнюю рассматривают как некую заданную основу, обладающую определенными региональными особенностями, проявляющимися в экологически значимых свойствах ландшафтов, которые могут способствовать или не способствовать проявлению экологических проблем (например, слабый водообмен, легкий механический состав почв, антициклональный тип погоды и др.). Итак, отклик ландшафта на действие антропогенной нагрузки зависит от характера антропогенной нагрузки (вида и интенсивности) и экологически значимых свойств ландшафта.

Различают *антропогенное воздействие* на ландшафт и *антропогенную нагрузку*.

Антропогенное воздействие отождествляют с его источником или видом природопользования (промышленное, сельскохозяйственное, лесное, рекреационное и т. д.). Эти воздействия относятся к единице площади, времени, массы и т. д.

Под антропогенной нагрузкой (АН) понимают степень воздействия человеческой деятельности либо ее последствий на окружающую среду. Ее условно подразделяют на допустимую (с соблюдением ПДК) и экологически опасную. Нагрузка на геосистему сводится к физической, химической, биологической, социальной и др. Каждый вид нагрузки может иметь разные источники (табл. 1.3).

Мы выделяем две группы экологических проблем:

1) те, при характеристике которых необходимо учитывать и нагрузку, и экологически значимые свойства ландшафта, — загрязнение различных компонентов ландшафта (воздуха, воды, почвы, растительности), распаханность и сведение лесов на территории;

ТАБЛИЦА 1.3

Антропогенное воздействие и нагрузка

Воздействие	Основной вид нагрузки	Единица измерения	Пространственный охват	Экологическая проблема
Промышленное	Выбросы в атмосферу от стационарных и передвижных источников	т/км ²	Площадной	Загрязнение атмосферы, почв, растительности
	Сбросы сточных вод	т/м ³	Линейный	Загрязнение вод
	Добыча полезных ископаемых	км ² /км ²	Площадной	Комплексное нарушение земель и разрушение локальных геосистем
	Размещение свалок отходов по территории	км ² /км ²	»	То же
Сельскохозяйственное	Сельскохозяйственное использование земель	га/га	»	Деградация и истощение почв
	Сброс сточных вод	т/м ³	Линейный	Загрязнение вод
Рубка леса	Рубки главного пользования	м ³ /га	Площадной	Деградация и истощение биоты
	Рубки при строительстве	м ³ /га	»	Изменение естественного облика ландшафта
Демографическое	Плотность населения	чел./км ²	»	Преобразование ландшафта
Транспортное	Нарушение ландшафта земель	км/км ²	Линейный	Заболачивание
	Загрязнение атмосферы	т/км ²	Площадной	Изменение биоты, вырубка лесов, загрязнение

2) те, при характеристике которых можно ограничиться только анализом нагрузки, — использование земельных ресурсов при добыче полезных ископаемых и размещении отходов, плотность населения и транспортное освоение.

По экологическому влиянию на ООПТ антропогенные нагрузки первой и второй групп различаются.

Нагрузки первой группы непосредственно влияют на охраняемые территории, и их вес по отношению к ООПТ значительно больше, чем нагрузок, включенных во вторую группу, которые оказывают опосредованное влияние на функционирование ООПТ. Для учета этой неравномерности влияния мы предлагаем использовать весовой коэффициент.

Не все виды антропогенных воздействий одинаково значимы для функционирования охраняемых территорий. Например, при одинаковой антропогенной нагрузке в двух разных ландшафтах может сложиться различная экологическая ситуация, поэтому помимо уровня нагрузки нужно учитывать и приоритетность ее влияния на охраняемые территории. Так загрязнение воздуха — одна из са-

мых опасных экологических проблем. Влияние выбросов распространяется на огромные расстояния, и их состав часто губителен для природных экосистем.

Совокупность природных и антропогенных факторов делает систему ООПТ сугубо индивидуальной, требующей исследований на базе достоверной информации.

1.4. Достоверность исходной информации

Территория исследуемого природно-антропогенного комплекса «Черняевский лес» мало изучена в связи с тем, что практически полностью отсутствуют регулярные наблюдения за всеми его элементами и невозможно получить систему характеристик на основе литературных или каких-либо фондовых и картографических материалов.

В литературных источниках имеются либо отдельные фрагментарные сведения, либо общие данные, которые относятся к большим по площади территориям и не учитывают местных особенностей. Но при обобщении таких сведений теряется индивидуальность района. Поэтому в качестве основы использована литература по району, значительно превышающему по площади исследуемый (Пермский район, Пермская область), а для учета своеобразия территории проведены натурные наблюдения.

Исследования стока рек. Сток рек исследуемой территории до 2008 г. не изучался вообще. Впервые гидрологические исследования начаты в 2008 г. и продолжаются до настоящего времени. Для этого на разных водных объектах силами кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов ПГУ оборудованы четыре гидрологических поста. Проведенные исследования водного режима включали в себя наблюдения за уровнем воды, определение скоростей течения и расчет расходов воды. Все измерения проведены согласно методикам, принятым в гидрологии [Наставление..., 1958]. Выполнен анализ химического состава и загрязненности поверхностных вод на территории Черняевского лесопарка.

В лесопарке организовано три метеорологических поста с целью установить особенности его *микrokлимата*, а также особенности влияния на климат лесопарка, расположенного вблизи крупного города.

Геологические исследования. Для этих целей пробурены 19 зондировочных скважин глубиной 1.6—7.0 м в зависимости от уровня грунтовых вод. При бурении скважин описаны все встреченные литологические разновидности грунтов. Проведены лабораторные исследования почвогрунтов для определения физических свойств, общего химического, микрокомпонентного и минералогического состава, также проведен химический анализ водной вытяжки грунтов.

Пробы воды из скважин, родника и колодцев исследованы на содержание следующих компонентов: кальция, магния, аммония, карбонатов, железа общего, сульфатов, фосфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, хрома (общего, трех- и шестивалентного), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), нефтепродуктов, фенола.

Определены также рН, сухой остаток, БПК, ХПК. Проведены лабораторные исследования микрокомпонентного состава подземных вод по 39 элементам.

Исследования растительного покрова. Методами флористики, геоботаники, дендрологии и лесной таксации описаны флора, напочвенный покров и древесный ярус парка. При этом созданы следующие базы данных:

- геоботанических описаний,
- таксационных описаний временных и постоянных пробных площадей,
- сведений о химическом составе растительных тканей.

Результатами геоботанических исследований стали:

- обзорное описание лугово-лесных растительных сообществ,
- список основных видов растительности.

На основании этих данных изучены общие индикационные закономерности территории. Наблюдения позволили выявить участки, наиболее подверженные антропогенному воздействию рекреационной и сельскохозяйственной направленности.

Почвенные исследования. Данные изыскания заключались в определении плотности почв, их уплотненности. Они позволили оценить индикационные закономерности условий увлажнения, наличия питательных элементов в почвах.

При проведении общих агрохимических анализов применялись следующие методы определения характеристик почв:

- гумуса — по И. В. Тюрину [Тюрин, 1931];
- суммы обменных оснований — по методу Каппена—Гильковица [Практикум по агрохимии, 2001];
- гидролитической кислотности — по методу Каппена в модификации ЦИНАО [ГОСТ 26212—91];
- подвижных соединений фосфора и обменного калия — по методу А. Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО [ГОСТ 26207—91];
- обменной кислотности на потенциометре и механического анализа почв — по Н. А. Качинскому [Практикум по агрохимии, 2001].

Ландшафтно-экологические исследования. Территория Черняевского лесопарка изучена в два этапа: полевой и камеральный. Полевые исследования носили комплексный характер и включали в себя ряд специализированных работ:

- рекогносцировочные исследования,
- полевое натурное дешифрирование космических снимков,
- проведение маршрутных ходов и полустационарные исследования на ключевых участках,
- составление ландшафтных профилей.

Результаты обследования и ландшафтного описания лесопарковой территории позволили составить ландшафтные карты, а изучение структуры ландшафтов и качества их отдельных компонентов — оценить устойчивость и зонировать территорию по степени ее экологического благополучия.

Оценка уровня антропогенной нагрузки. Для этого использованы данные по основным источникам загрязнения, к которым относятся промышленные предприятия, автотранспорт и рекреация.

Вклад промышленных предприятий оценен через данные об объемах и химическом составе выбросов в атмосферный воздух. На основе этих данных, климатических особенностей территории и источников выбросов построены электронные карты, позволяющие оценить пространственно-временное распределение загрязняющих веществ (ЗВ). Так как основной вклад в загрязнение ат-

мосферы вносит автотранспорт, проведены очень подробные наблюдения за интенсивностью его движения в характерные периоды времени:

- внутри суток,
- в рабочие и выходные дни,
- в разные сезоны года (осенне-зимний и весенне-летний).

Собранные данные позволили рассчитать поля загрязнения и построить карту его распространения. Сводный расчет рассеивания ЗВ в атмосферном воздухе выполнен с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог-Город» версии 3.00, разработки фирмы «Интеграл», реализующей основные зависимости и положения методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [ОНД—86].

Еще один фактор, связанный с воздействием транспорта и являющийся элементом загрязнения, — шум. Замеры шума проводились как по всему периметру, так и с углублением в лесной массив. Так как антропогенные воздействия часто связаны с повышением радиационного фона и электромагнитного загрязнения, то были проведены и эти съемки, но выявить с их помощью какие-нибудь неблагоприятные условия формирования экологической ситуации не удалось: и радиационное, и электромагнитное загрязнения не выходят за допустимые пределы.

Мониторинг рекреационной нагрузки. Данные исследования осуществлены на всей территории леса. В задачу входил подсчет числа отдыхающих, единиц личного транспорта, регистрировалось наличие кострищ и вид рекреационной деятельности. В качестве одного из методов использовано анкетирование.

ГЛАВА 2

ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

Техногенные факторы, или нагрузки, представлены *внешними* и *внутренними* воздействиями.

К *внешним* относятся нагрузки, формируемые на прилегающих к лесопарку территориях Индустриального и Дзержинского районов г. Перми, которые в основном и определяют экологическую ситуацию. Главные источники этих воздействий — промышленные предприятия.

К *внутренним* воздействиям относятся рекреационная нагрузка, лесные пожары, незаконные рубки, несанкционированные свалки.

2.1. Вклад внешних воздействий в формирование экологической ситуации

Черняевский лесопарк расположен на территории Индустриального и Дзержинского районов г. Перми.

Промышленный комплекс *Индустриального района* представлен 25 предприятиями, из которых 15 относятся к крупным и крупнейшим по объему производства продукции. Структура промышленности района характеризуется сочетанием таких отраслей, как химия и нефтехимия, машиностроение, электроэнергетика, полиграфия, производство строительных конструкций и др. (рис. 2.1).

Химическая и нефтехимическая промышленность района представлена такими предприятиями, как ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез» (ПНОС), ТОО «Лакокрасочный завод», АО «Газоперерабатывающий завод», Завод минеральных удобрений, АО «Урал-Хеми», производящими более 80 % промышленной продукции, т. е. определяющими специализацию промышленного района.

Второй кул промышленнх предприятий — это предприятия машиностроения (их в районе шесть): АО «Морион», «Эвестур», Балатовский авторемонтный завод, завод «Агрехиммаш» и др. Одним из крупнейших предприятий Индустриального района является печатная фабрика «Гознак». Электроэнергетика района представлена одной довольно крупной электростанцией — ТЭЦ-9, которая играет важную роль в обеспечении током и теплом большой части города.

Большинство предприятий образует две промышленные зоны: Осенцовскую и Балатовскую. Для первой характерна концентрация химических производств, а для второй — предприятий машиностроения. Для остальных предприятий характерно точечное размещение в жилых районах.

Дзержинский район расположен на обоих берегах Камы и состоит из лево- и правобережной частей. По территории района пролегают крупные городские



Рис. 2.1. Структура промышленности Индустриального района г. Перми.

транспортные межрайонные магистрали, здесь же находится крупный транспортный узел — железнодорожный вокзал станции Пермь-П. Промышленный комплекс района составляют ФГУП «Машиностроительный завод им. Ф. Э. Дзержинского»; Пермское отделение структурного подразделения филиала «Свердловская железная дорога» ОАО «РЖД»; ОАО «Пермский завод силикатных панелей»; ОАО «Пермский мясокомбинат»; ОАО «Пермский мукомольный завод»; ОАО «Пермский маргариновый завод „Сдобри“»; ОАО «Пиломатериалы „Красный Октябрь“»; Мостоотряд-123 ЗАО «Уралмостострой»; ОАО «Завод „Торгмаш“».

Большинство предприятий осуществляет выброс ЗВ в атмосферный воздух и сброс загрязненных стоков в поверхностные воды. Значительное количество ЗВ поступает в водные объекты с поверхностным стоком с городской территории, а в атмосферный воздух — от автотранспорта. Все это не может не сказаться на экологической ситуации района исследований.

Состояние водных объектов. По территории Индустриального района в пределах Черняевского лесопарка протекает р. Мулянка, в которую впадают два притока: Пыж и Малиновка. Они относятся к типу рек с четко выраженным весенним половодьем, летне-осенними дождевыми паводками и устойчивой длительной зимней меженью. Питание рек осуществляется преимущественно за счет снеговых вод.

Мулянка — малая река, левый приток Камы. Протекает по г. Перми и прилегающему Пермскому району. Ее длина 52 км, площадь бассейна 460.7 км², ширина сильно меняется, в некоторых местах достигая 400 м. Река имеет 35 притоков, крупнейшие из них — р. Пыж (левый приток), реки Малиновка, Каменка, Култаевка (правые притоки). Мулянка течет вдоль Черняевского леса и пересекает границы Индустриального и Дзержинского районов, где подвергается загрязнению промышленными и бытовыми отходами лесокомбината, лакокрасочного завода, животноводческих ферм и других предприятий.

Фоновый химический состав речных вод. Реки Пермского края относятся к широтной зоне гидрокарбонатно-кальциевых вод к области преобладания гидрокарбонатно-кальциево-натриевых (HCO_3^- — Ca^{2+} — Na^+) фаций с минерализацией вод 200—500 мг/л [Максимович, 1955]:

Компонент	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}
Средняя концентрация в воде, мг/л	15—38	15—64	15—27	251—378	4—14	5—12

К седьмой области, или области преобладания гидрокарбонатно-кальциево-сульфатных и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевых фаций, относятся левые притоки Камы. Минерализация вод рек меняется в пределах 300—1000 мг/л. Содержание отдельных компонентов обычно составляет:

Компонент	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Na^+	Cl^-	Mg
Средняя концентрация в воде, мг/л	232—402	16—178	54—120	2—35	2—28	10—21

Речные воды г. Перми в естественных условиях имеют хорошее качество и пригодны для питьевого и промышленного водоснабжения.

Современный химический состав речных вод. Являясь элементом городской структуры, малые реки города испытывают на себе значительное антропогенное воздействие. Основными его факторами являются:

- сброс сточных вод различного происхождения,
- захламление водоохраных зон бытовыми и строительными отходами,
- нарушение естественного состояния берегов.

Качество воды рек, протекающих по г. Перми, ухудшается от верховьев к низовьям. Это связано со спусками сточных вод и близостью крупных автомагистралей. На территории города химический состав малых рек в основном сульфатно-гидрокарбонатный (табл. 2.1), а в реках Мулянка и Пыж — гидрокарбонатно-хлоридный. По длине рек их химический состав существенно меняется по мере поступления сточных вод, меняются даже основные гидрохимические фации.

На р. Мулянке отмечен неблагоприятный кислородный режим:

- химическое потребление кислорода (ХПК) составляет 40—70 мгО/л при норме 30 мгО/л,
- биохимическое потребление кислорода (БПК₅) — 5.15—7.08 мгО/л при норме 5.0 мгО/л.

Содержание взвешенных веществ 11—18 мг/л. Концентрация аммонийного азота колеблется от нормы до 1.3 ПДК; при этом разовые значения составили в районе Верхних Муллов 1.8 ПДК, а в устьевой части реки — 1.5 ПДК.

Содержание общего железа 3 ПДК.

Загрязнение нефтью и фенолом отмечено в устьевой части реки, показатели по ним составляют соответственно 1.2 и 1.5 ПДК.

Наиболее загрязнены средняя и нижняя части течения реки. Крупнейший источник загрязнений — ПНОС, отходы которого попадают в Мулянку через р. Пыж. Содержание нефтепродуктов в воде Мулянки в районе впадения в нее

ТАБЛИЦА 2.1
Химический состав речных вод г. Перми

Измеряемая характеристика	Река			
	Мулянка, напротив п/л «Чайка»	Мулянка, выше ПНОС	Пыж, ниже ПНОС	Пыж, верховье
Концентрация, мг/л:				
HCO_3^-	292.9	292.9	390.5	244.1
SO_4^{2-}	71.2	66.7	59.3	53.1
Cl ⁻	241.1	425.4	354.5	113.4
NO_3^-	25.8	18.2	10.3	4.5
NO_2^-	0.60	0.15	0.40	0.20
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	169.5	265.3	237.9	79.8
Ca^{2+}	84.2	82.2	94.2	67.1
Mg^{2+}	23.1	34.1	30.4	18.2
NH_4^+	0.50	0.70	4.50	0.20
Fe^{2+}	0.1	0.1	0.1	—
$\text{CO}_{2\text{своб}}$	13.20	3.20	8.80	13.20
Минерализация, мг/л	909.0	1185.6	1182.1	581.6
pH	7.90	8.05	7.60	7.50
Общая жесткость, мг-экв./л	6.10	6.90	7.20	4.90
Окисляемость, мг/л	5.60	5.92	7.20	7.20
Гидрохимический тип	$\text{HCO}_3\text{—Cl}$ Ca—Na	$\text{HCO}_3\text{—Cl}$ Ca—Na	$\text{HCO}_3\text{—Cl}$ Ca—Na	Cl—HCO_3 Ca—Na

р. Пыж превышает ПДК в 49.4 раза. В районе устья содержание аммония превышает ПДК в 1.3 раза, нитритов — в 2.5 раза, нефтепродуктов — в 2 раза.

Загрязнение р. Мулянки оказывает сильное отрицательное влияние на состояние бентофауны. В результате анализа проб донной фауны обнаружено 75 видов животных (табл. 2.2):

- малощетинковые черви (Oligochaeta) — 10 видов,
- пиявки (Hirudinea) — 2,
- брюхоногие (Gastropoda) — 6,
- двустворчатые (Bivalvia) — 2,
- насекомые (Insecta) — 55.

ТАБЛИЦА 2.2
Распределение макрозообентоса по участкам р. Мулянки

Участок реки	Число видов	Биомасса, г/м ² П	Численность, тыс. экз./м ²
Верхнее течение	53	57.9	4.8
Среднее течение	23	11.8	1.2
Нижнее течение	24	4.8	>1.0

На территории г. Перми имеются родники, сформированные и за счет глубоко залеженных горизонтов, и поверхностных грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод способствует сохранению чистоты источника. Такие родники могут загрязняться в месте выхода воды на поверхность из-за неправильного их содержания и плохого оборудования, отсутствия санитарно-защитных зон на прилегающих к ним угодьях.

На территории Индустриального района в 2000 г. исследовано шесть родников, качество воды в них не соответствует требованиям [СанПин 2.1] по следующим показателям: жесткости, бактериологическому и паразитологическому загрязнению, нитратам, сухому остатку, свежему фекальному загрязнению и др.

Качество атмосферного воздуха. Атмосферный воздух в городах формируется в результате сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов.

Содержание различных примесей в воздухе городов формируется под влиянием перемешивания, переноса, рассеивания и вымывания вредных веществ, поступающих в атмосферу с выбросами промышленных источников и транспорта. Основные источники загрязнения — промышленное производство, энергетические установки и транспорт.

Качество воздуха в г. Перми оценивалось в соответствии с принятыми стандартами — предельно допустимыми концентрациями (ПДК), которые подразделяют на максимальные разовые (осредненные за 20 мин — ПДК_{макс. раз.}) и среднесуточные (ПДК_{ср. сут.}). Средние за месяц и за год концентрации сравнивают с ПДК_{ср. сут.} Концентрации, измеренные за 20 мин, сравнивают с ПДК_{макс. раз.}

Показателем качества воздуха является индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Это комплексный показатель загрязнения атмосферы, учитывающий концентрацию в воздухе пяти веществ, имеющих основную долю в уровне загрязнения. Значение ИЗА показывает, какому уровню диоксида серы (в единицах ПДК) соответствуют фактические и максимальные концентрации выбранных веществ. Уровень загрязнения считается низким, если ИЗА ниже 5, повышенным — при ИЗА от 5 до 7, высоким — при ИЗА от 7 до 13 и очень высоким — при ИЗА, равном или больше 14.

Все вещества, загрязняющие атмосферный воздух города, классифицируются в зависимости от степени опасности (всего выделяют четыре класса опасности) [Методическое пособие..., 2002].

К 1-му классу опасности относят 14 веществ, среди которых шестивалентный хром имеет наибольшую массу выброса. Валовый выброс шестивалентного хрома с 2001—2005 гг. менялся незначительно, а наибольшее его количество выброшено ОАО «Мотовилихинские заводы» и «Пермские моторы».

Ко 2-му классу опасности относят более 50 веществ, среди которых марганец и его соединения, диоксид азота. Максимальное количество диоксида азота выбрасывают в атмосферу предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-9, ТЭЦ-14, ТЭЦ-6), а также ПНОС.

К 3-му классу опасности также относят более 50 веществ, среди них наибольший выброс отмечен для сернистого ангидрида (за счет использования серосодержащего топлива). Наибольший выброс по данному веществу осуществляют ТЭЦ-13, ТЭЦ-9, ПНОС, ООО «Пермнефтегазпереработка».

Веществ 4-го класса опасности — 38, основное — оксид углерода — продукт сжигания топлива минерального происхождения, а также других веществ

органического происхождения. Поэтому наибольший выброс по данному веществу осуществляют ООО «Камтэкс-химпром», ПНОС, ОАО «Минеральные удобрения».

Самая крупная группа ЗВ различных классов опасности, представленных в структуре выбросов в атмосферный воздух г. Перми, — летучие органические соединения (ЛОС). Органические вещества, входящие в эту группу, объединены по способности вступать в фотохимические реакции в атмосфере с образованием озона и других окислителей. К ЛОС относятся формальдегид, бензол, ксилол, толуол, фенол, этилбензол, бензин и т. д. Доля этих примесей в загрязнении воздуха составляет 25 % (по данным 2005 г.).

Наибольший вклад в выбросы ЗВ, по данным исследований последних лет, вносят предприятия химической, нефтехимической и топливной промышленности.

Систематические наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в г. Перми проводит Пермский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ПЦГМС). В ходе наблюдений оценивается содержание в воздухе взвешенных веществ (пыль), диоксида серы, окислов азота, аммиака, формальдегида, бенз(а)пирена и др.

Система мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в г. Перми осуществляется на семи стационарных постах в шести его районах. Посты подразделяются на: «городские фоновые», расположенные в жилых районах города; «промышленные» — вблизи предприятий; «авто» — вблизи автомагистралей с интенсивным движением транспорта (по материалам Управления по экологии и природопользованию администрации г. Перми).

В соответствии с существующей оценкой суммарного уровня загрязнения через ИЗА [Состояние и охрана..., 2001—2008], Пермь отнесена к числу городов с высоким уровнем загрязнения воздуха. С 1998 по 2000 г. прослеживалась тенденция некоторого уменьшения уровня ИЗА с 10.7 в 1998 г. до 9.4 в 2000 г. В 2001 г. ИЗА несколько увеличился до 9.85, а затем то понижался, то возрастал. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в 2005 г. был самым низким из всех (8.6), но тем не менее оставался довольно высоким.

ИЗА, как показатель качества атмосферного воздуха, зависит от климатических условий: распределения температуры с высотой, скорости и направления ветра, влажности воздуха, количества атмосферных осадков и их продолжительности, поэтому в зависимости от климатических условий каждого года изменяется и ИЗА, то увеличиваясь, то уменьшаясь. Значения ИЗА по районам города приведены в табл. 2.3.

В целом по г. Перми за 2001—2005 гг. наметилась тенденция роста концентрации в атмосферном воздухе аммиака и этилбензола. Уменьшились средние концентрации оксида углерода и формальдегида.

В Индустриальном районе в 1997 г. отмечено наибольшее значение ИЗА (16.8), соответствующее очень высокому уровню загрязнения, но в последующие годы наметилась тенденция его некоторого снижения (рис. 2.2).¹ Несмотря на этот факт, ИЗА в данном районе все равно остается одним из самых высоких на протяжении ряда лет.

¹ В 2001 г. известен лишь ИЗА в целом по городу, а отдельно по районам не рассчитан.

ТАБЛИЦА 2.3
Значения ИЗА по районам г. Перми в 1997—2005 гг.

Район	1997	1998	1999	2000	2002	2003	2004	2005	Основные ЗВ
Индустриальный	16.8	14.2	13.0	13.2	9.1	7.0	8.3	10.6	Оксид углерода, аммиак, диоксид азота, формальдегид, фенол, ксилолы, толуол, этилбензол, пыль
Мотовилихинский	9.2	10.2	9.1	16.2	13.9	11.4	11.6	9.4	Хлорид водорода, диоксид азота, формальдегид, этилбензол, фенол, ксилолы, толуол
Ленинский	8.6	9.8	6.6	8.2	9.6	7.0	6.2	9.2	Оксид углерода, аммиак, этилбензол, фенол, формальдегид, бензол, диоксид азота, ксилолы, пыль
Кировский	5.6	6.9	7.3	9.5	9.3	6.1	6.1	6.5	Формальдегид, фенол, сероводород, пыль, диоксид азота, фторид водорода
Орджоникидзевский	8.3	5.2	4.6	11.4	8.9	8.2	9.0	6.4	Формальдегид, фенол, диоксид азота, хлорид водорода
Свердловский	12.1	10.7	12.5	12.4	11.1	11.2	12.3	6.2	Диоксид азота, свинец, фенол, хлорид водорода, сероводород, аммиак, формальдегид
Итого по г. Перми	12.7	12.7	12.3	14.6	11.4	9.5	12.1	8.6	

В целом по всему городу с 1996 по 2000 г. наблюдалось превышение ПДК практически всех основных ЗВ. В Индустриальном районе средние концентрации превысили ПДК по диоксиду азота, пыли, формальдегиду, 3.4-бенз(а)пирену.

На атмосферу района сильно влияют предприятия Осенцовского промышленного узла, в результате деятельности которых отмечены превышения ПДК практически по всему спектру специфических для этого узла веществ: фенолу, диоксиду азота, сероводороду, ксилолу, формальдегиду, этилбензолу, аммиаку. Однако максимум концентрации ЗВ в данном районе отмечен всего в двух случаях — по сероводороду (7.9 ПДК) и этилбензолу (5.1 ПДК). Превышение ПДК_{макс. раз} диоксида азота в 7.5 раз зарегистрировано в мае. Превышение ПДК фенола в 2.8 раза отмечено в июне, этилбензола в 3.5 раза — в апреле, ксилолов в 1.6 раза — в августе, толуола в 1.1 раза — в сентябре, формальдегида в 2.3 раза — в июле, сероводорода в 1.5 раза — в августе, оксида углерода в 1.6 раза — в январе.¹

По данным расчетной оценки, наибольший вклад в загрязнение воздуха в Индустриальном районе внесли: Осенцовский промышленный узел, командитное товарищество «Пермская ДПМК» (дорожная передвижная механизиро-

¹ Данные приведены по материалам ПЦГМС за 2005 г.

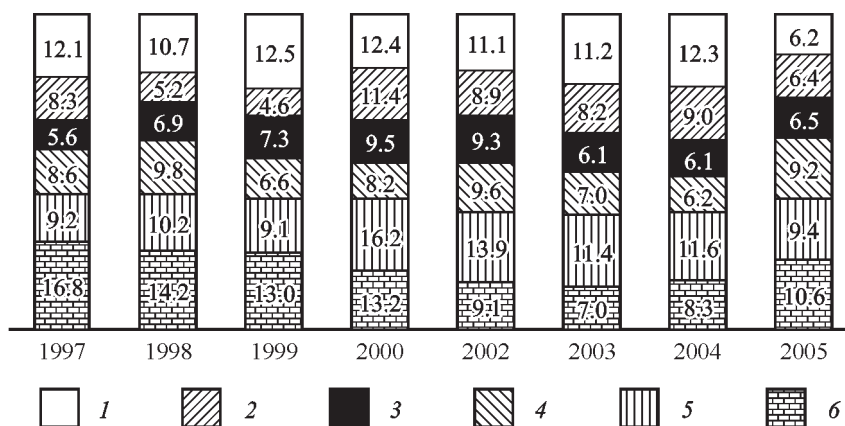


Рис. 2.2. Распределение ИЗА по районам г. Перми.

1 — Свердловский, 2 — Орджоникидзевский, 3 — Кировский, 4 — Ленинский, 5 — Мотовилихинский, 6 — Индустриальный.

ванная колонна); ООО «Балатовский деревообрабатывающий завод»; ЗАО «Уралчермет»; ОАО «Экскавация»; ОАО «Редуктор-ПМ» (существенный вклад в 2004 г.); ООО «КамаТрансСервис» (существенный вклад в 2005 г.). В г. Перми на протяжении последних лет сохраняется тенденция уменьшения выбросов от промышленных предприятий города, при этом валовый выброс ЗВ в атмосферу от автотранспорта продолжает расти (табл. 2.4).

Автомобили во всем мире заняли ведущее место среди источников загрязнения воздушного бассейна. По данным 2005 г., в состав выбросов автотранспорта входят такие основные ЗВ, как оксид углерода CO (87 %), оксиды азота NO₂ и NO₃ (1.6 %), сажа (0.02 %), сернистый ангидрид SO₂ (0.4 %), углеводороды (11 %). По международной классификации, одним из наиболее токсичных элементов, содержащихся в автомобильных выхлопах, является свинец.

Содержание компонентов автомобильных выхлопов в атмосферном воздухе сильно меняется в зависимости от интенсивности движения автотранспорта, ширины улицы, ее рельефа, характера застройки, а также от метеорологических факторов. При одинаковой интенсивности движения на узких улицах со сплошной застройкой содержание CO в воздухе значительно больше, чем на широких. Повышенное содержание CO отмечено на участках улиц с крутым подъемом, а

ТАБЛИЦА 2.4

Выбросы предприятий и автотранспорта с 2001 по 2005 г., тыс. т

Источник	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
Промышленные предприятия	44.0	44.8	42.1	39.5	36.5
Транспорт (расчетные данные)	55.2	63.3	75.0	55.0	54.5
Всего	99.2	108.1	117.1	94.5	91.0
Соотношение выбросов автотранспорта к общему выбросу в атмосферу, %	55.6	58.6	64.0	58.2	59.9

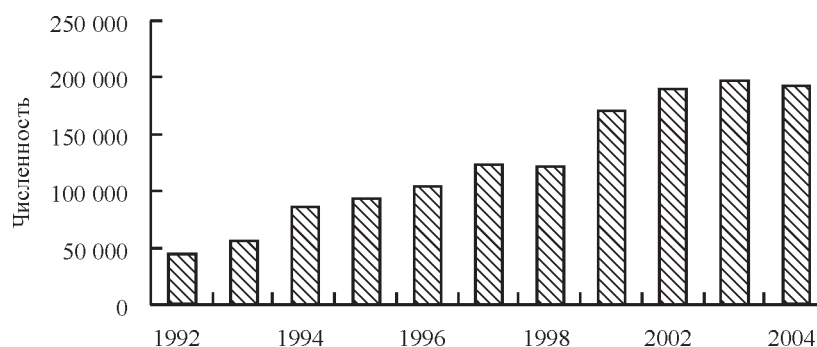


Рис. 2.3. Изменение числа автотранспортных средств г. Перми с 1992 по 2004 г.

также при скоплении автомобилей у перекрестков. Между скоростью ветра и содержанием указанных ингредиентов существует весьма четкая обратная корреляция, в основе которой лежит разбавление газов воздушными массами.

По данным ГИБДД УВД Пермского края, в г. Перми с 1992 по 2004 г. численность автотранспорта увеличилась с 168 138 до 191 264 единиц транспортных средств (рис. 2.3). Наибольшее количество ЗВ находится в выхлопных газах грузовых машин и автобусов с карбюраторными двигателями. Выбросы грузовых дизельных автомашин, которые находятся на балансе пермских предприятий, не столь значительно влияют на атмосферу города, потому что их используют, как правило, для дальних рейсов.

Черняевский лес по всему периметру окружен автомагистралями с интенсивным движением автотранспорта. Для оценки его вклада в формирование экологической обстановки района проведены наблюдения за интенсивностью транспортного движения по 10 точкам. Результаты наблюдений использованы для расчета угарного газа (СО), поступающего в атмосферу с выбросами автотранспорта, по формуле Ю. Т. Фельдмана [Фельдман, 1975]. Результаты исследований приведены в табл. 2.5.

Анализ данных показал, что средняя интенсивность движения транспорта 937—1538 ед./ч. Наиболее интенсивно его движение на перекрестке шоссе Космонавтов и ул. Карпинского (2010 ед./ч). В структуре транспортного потока преобладает легковой автотранспорт (86.4 %), затем автобусы (6.8 %), грузовой (3.9 %), трамваи (1.8 %) и троллейбусы (1.1 %). Расчет содержания СО в выхлопах автотранспортных средств показал, что количество его изменяется от минимума (6.11 мг/м³) на перекрестке улиц Карпинского и Сивкого до максимума (10.0 мг/м³) на перекрестке шоссе Космонавтов и ул. Карпинского.

Сравнение данных расчетов с ПДК_{ср. сут} показало, что во всех точках содержание СО превышает ее. Путем обратного решения уравнения Фельдмана установлено, что интенсивность движения транспорта при соблюдении ПДК_{ср. сут} должна быть 310 ед./ч, при ПДК_{макс. раз} — 706 ед./ч.

Оценка шумового загрязнения. Изучение интенсивности и структуры транспортных потоков в точках, расположенных по периметру Черняевского лесопарка, позволило оценить уровни шумового загрязнения. Уровни шума на автомагистралях вокруг Черняевского лесопарка замерены в тех же точках, где проводилось наблюдение за интенсивностью транспортных потоков: шоссе

ТАБЛИЦА 2.5

Результаты исследования транспортного движения в Индустриальном районе

Перекресток улиц	Содержание СО, мг/м ³	Средняя интенсивность движения, ед./ч	Превышение ПДК, доля		Интенсивность движения для достижения ПДК _{ср. сут} , ед./ч
			ПДК _{ср. сут}	ПДК _{макс. раз}	
Карпинского и Сивкого	6.110	927	2.03	1.20	617
Советской Армии и Мира	8.160	133	2.7	1.61	1023
9 Мая и Мира	8.138	1328	2.71	1.63	1018
Шоссе Космонавтов и Леонова	9.190	1538	3.06	1.84	1228
Шоссе Космонавтов и Советской Армии	7.400	1199	2.5	1.48	889
Шоссе Космонавтов и Карпинского	10.00	1697	3.33	2.00	1387
Карпинского и Мира	8.800	1461	2.93	1.76	1151
Декабристов и Веры Засулич	7.590	1219	2.52	1.51	909
Давыдова и Мира	6.830	1070	2.28	1.36	760
Качалова и Мира	7.860	1272	2.62	1.57	962

Космонавтов на участке ул. Леонова—ул. Качалова (точка № 1); ул. Подлесная на участке шоссе Космонавтов—ул. Зои Космодемьянской в районе остановочного комплекса «Парк культуры и отдыха» (точка № 2); ул. Подлесная на участке ул. Пожарского—ул. Желябова (точка № 3) и ул. Встречная (точка № 4).

Замеры проведены на удалении от автотрассы 7.5, 15, 60, 240, 480 и 960 м в сторону парка. В период замеров шума полеты воздушного транспорта (самолетов, вертолетов), массовые мероприятия с использованием громкоговорителей и музыки отсутствовали, поэтому зафиксирован только один источник городского шума — автотранспорт.

Результаты измерения уровней звука и гистограммы распределения частот уровней звука в летний период представлены на рис. 2.4.

Уровни звука на расстоянии 7.5 м от оси автомагистралей во всех точках осенью, зимой и летом составляли 67—75 дБА при максимуме 75—89 дБА, что значительно больше нормативов для площадок отдыха на селитебной территории (45—55 и 60—70 дБА соответственно). Обращает на себя внимание факт, что зимой имеет место самый низкий по сравнению с осенью и летом уровень звука. С удалением от дороги уровни звука снижаются в среднем на 2—5 дБА, и уже на расстоянии 240 и 460 м от оси проезжей части становятся на 9—12.5 дБА ниже, чем на расстоянии 7.5 м. Только на расстоянии 960 м в сторону лесного массива эквивалентные и максимальные уровни звука (51.0—52.0 и 54.0—57.0 дБА соответственно) достигают значений, не превышающих требований [СН 2.2.4/2.1.8.562—96].

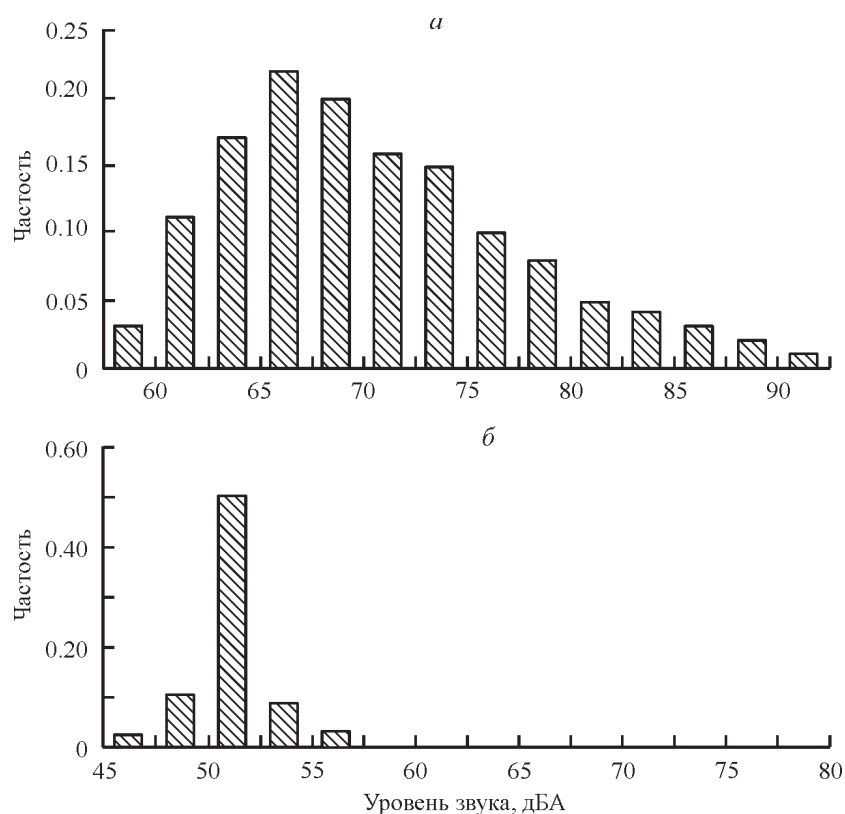


Рис. 2.4. Распределение частот уровней звука на расстоянии 7.5 (а) м и 240 м (б) от оси проезжей части автомагистралей во всех точках в летний период года.

Анализ гистограмм распределения частот уровней звука свидетельствует, что на расстоянии 7.5 м от оси проезжей части автомагистралей во всех точках во все сезоны года уровень звука колеблется от 57.5 до 90.0 дБА, причем наибольшая частота приходится на диапазон значений 62.5—77.5 дБА.

На расстоянии 240 м от оси проезжей части автомагистралей в этих точках распределение частот уровней звука несколько другое: уровень звука колеблется от 45 до 57.5 дБА, а наибольшая частота приходится на 50—55 дБА.

Между уровнем звука и восприятием его человеком существует определенная зависимость: увеличение уровня звука на 1 дБА по сравнению с предыдущим уровнем человек воспринимает как увеличение громкости в 2 раза и наоборот. Поэтому в Черняевском лесопарке восприятие человеком шума от автотранспорта снижается в 2 раза, начиная с 60 м и далее от автомагистрали, а на расстоянии 960 м воздействие автотранспортного шума им не воспринимается вообще.

Влияние выбросов автотранспорта на загрязнение почв. Пробы отобраны в шести точках, являющихся «входными» для Черняевского лесопарка, по методике С. В. Алексева [Алексеев и др., 1996], а химические анализы водной вытяжки — по методике В. А. Демакова [Бурак и др., 2000].

Анализ полученных результатов (табл. 2.6) показал, что в большинстве отобранных проб наблюдаются отклонения рН от нормы (нейтральны только про-

ТАБЛИЦА 2.6

Результаты химического анализа проб почв (частота встречаемости)

Номер пробы	pH	Fe	Pb	Cu	Zn	Нитраты	Нитриты
1А	8.0	8	9	9	3	5	3
1В	7.5	6	6	2	—	—	—
2А	7.5	4	7	6	—	—	—
2В	7.0	3	2	1	—	—	—
3А	8.0	5	5	7	—	—	—
3В	7.5	1	3	3	—	—	—
4А	8.0	9	8	8	6	7	7
4В	7.5	7	4	5	4	4	2
5В	7.0	2	1	4	1	—	—
7	7.0	1	—	1	—	—	—

бы с перекрестка улиц Снайперов и Мира и контрольная проба из Балатовского леса). Можно сделать вывод, что в почве имеются вещества, влияющие на уровень кислотности. Чаще всего в почве встречаются ионы железа, свинца, меди, реже — ионы цинка, нитраты и нитриты.

Чем ближе к дороге, тем больше ионов выявляется в пробе и качественно, и количественно (см. табл. 2.6). Таким образом, можно предположить, что основной источник загрязнения — автотранспорт. Для выявления роли выбросов автотранспорта в загрязнении почв рассчитан коэффициент корреляции. Его значение, характеризующее зависимость между содержанием свинца и интенсивностью движения, составило 0.74. Следовательно, можно утверждать, что связь сильная, так как коэффициент корреляции близок к 0.75. Это свидетельствует о том, что выбросы транспорта действительно являются основным источником поступления в почву свинца. Для остальных компонентов, приведенных в табл. 2.6, коэффициент корреляции значительно меньше (0.2 и менее), но такое его значение свидетельствует не об отсутствии связи, а о том, что автотранспорт — не единственный источник их поступления в почву.

2.2. Вклад внутренних воздействий в формирование экологической ситуации

Рекреационное использование населением Черняевского лесопарка.

Парки, скверы, сады — искусственная среда обитания, создаваемая горожанами на протяжении тысячелетий. Символика этих городских мест обитания различна и зависит от национальных традиций, господствующей идеологии и культурных предпочтений. Вместе с тем эти элементы городского пространства олицетворяют победу человека над природой, способность преобразовывать ее по своему усмотрению.

Лесопарки также являются частью городской среды обитания, важным элементом озеленения города, выполняют санитарно-гигиенические, структурно-планировочные, декоративно-художественные и рекреационные функции.

С социальной точки зрения, это место объединения естественной природы и человека. Кроме того, лесопарки, находящиеся в «зеленой» зоне промышленных центров, рабочих поселков и др., должны одновременно служить рекреационным целям (т. е. оздоровлению местности, обогащению ландшафта) и быть местом отдыха для населения.

В современном обществе лесопарки, как правило, имеют статус особо охраняемых территорий местного значения.

Черняевский лесопарк — привычное место отдыха жителей Перми еще со второй половины XX века. На сегодняшний день часть этой территории благоустроена. Лесопарк востребован жителями всех районов города, а не только населением крупных жилых массивов, граничащих с его территорией (Индустриального и Паркового). Население широко использует возможность отдохнуть в парке. При этом у каждого третьего посетителя улучшается настроение, у каждого пятого повышается работоспособность, снимается напряжение, у каждого четвертого проходит головная боль. Кроме того, лесопарк имеет познавательно-оздоровительное и воспитательное значение, особенно для подрастающего поколения.

Особенно активно население посещает Черняевский лесопарк летом для пеших прогулок и пробежек, поездок на велосипедах, самокатах и роликах, спортивных игр (футбола, баскетбола, волейбола и т. д.), выгула собак, организации костров и т. п.

Анализ фактического использования рекреационных возможностей лесопарка проводился по развитию сети тропинок и дорожек на его территории в целом и по его лесным кварталам. Чтобы оценить степень использования территории парка для целей отдыха, рассчитан коэффициент рекреационной нагрузки:

$$K_{\text{троп}} = L/S, \quad (2.1)$$

где L — протяженность тропинок, м; S — площадь лесного массива, га.

Для сравнительной оценки использования населением разных участков лесопарка в качестве условной нормы принята средняя протяженность тропинок и дорожек в нем. По кратности превышения условной нормы оценено использование населением территории лесного квартала: на уровне средней нагрузки, выше средней, высокой, ниже средней и низкой (табл. 2.7).

ТАБЛИЦА 2.7

Оценка использования населением территории лесопарка для отдыха по $K_{\text{троп}}$

Кратность превышения $K_{\text{троп}}$ участка среднего значения $K_{\text{троп}}$ по лесопарку	Степень нагрузки
Более 1.51	Высокая
От 1.01 до 1.50	Выше средней
От 0.99 до 1.0	На уровне средней
От 0.98 до 0.50	Ниже средней
Менее 0.49	Низкая

ТАБЛИЦА 2.8

**Оценка рекреационной нагрузки территории лесопарка
по степени развитости тропинойной сети**

Номер лесного квартала	S , га	L , м	$K_{\text{троп}}$	Ранжиро- вание по $K_{\text{троп}}$	Кратность превыше- ния сред- него $K_{\text{троп}}$	Нагрузка
1	22	5257.24	238.96	2	1.53	Высокая
2	36	6265.18	174.03	5	1.11	Выше средней
3	56	8654.58	154.55	10	0.99	Средняя
4	51	5278.95	103.51	12	0.66	Ниже средней
5	57	6357.27	111.53	11	0.71	» »
6	46	9740.41	211.75	3	1.36	Выше средней
7	63	17047.96	270.60	1	1.73	Высокая
8	55	5183.45	172.78	6	1.11	Выше средней
9	30	9140.85	166.20	7	1.1	» »
10	50	3333.83	66.68	14	0.43	Низкая
11	48	3478.36	72.47	13	0.46	»
12	40	6275.18	156.88	8	1	Средняя
13	17	3297.62	193.95	4	1.24	Выше средней
14	57	8840.35	155.09	9	0.99	Средняя
Всего	628	98151.23	156.29	7.5		

Результаты анализа использования населением территории лесопарка для целей отдыха представлены в табл. 2.8. Анализ полученных материалов показал, что население активно использует территорию Черняевского лесопарка для отдыха и занятий спортом, о чем свидетельствует наличие дорожек и тропинок, протяженность которых составляет 98151.23 м, или 156.3 м в среднем на 1 га площади лесопарка. Ранжирование территории по протяженности дорожек и тропинок показало, что наиболее посещаемы населением территории лесных кварталов № 7, 1 и 6, занимающих 1—3-е ранговые места соответственно, наименее посещаемы кварталы № 3, 5, 4, 11 и 10 (соответственно 10—14-е ранговые места).

В пределах лесных кварталов $K_{\text{троп}}$ колеблется от 66.68 м/га (квартал № 10) до 270.60 м/га (квартал № 7). На уровне средней по лесопарку нагрузки находятся 21.4 % территории (кварталы № 3, 12 и 14). Нагрузку выше средней испытывает половина территории (кварталы № 1, 2, 6—9 и 13), причем в кварталах № 1 и 7 она высокая, т. е. этот показатель в 1.53—1.73 раз выше, чем в среднем по лесопарку. Нагрузка ниже средней — на 28.6 % территории (кварталы № 3—5, 10 и 11), из них в кварталах № 10 и 11 протяженность тропинойной сети более чем в 2 раза меньше, чем в среднем по лесопарку. При этом основная масса отдыхающих для пешеходных прогулок и пробежек предпочитает места отдыха в пределах 100—200 м от границ парка при наличии асфальтированных дорожек, утрамбованных лесных тропинок, глубже — для выгула собак, поляны — для приготовления шашлыков и разведения кострищ.

Выявление несанкционированных источников загрязнения. По результатам проведенных полевых исследований установлено, что основными несанкционированными источниками загрязнения Черняевского лесопарка являются



Рис. 2.5. Залежи из стволов деревьев и кустарников после санитарных рубок.

твердые бытовые отходы (ТБО), свалки строительного мусора и на протяжении ряда лет не вывезенные поленья или просто кучи из стволов деревьев и кустарников, оставшиеся после санитарных рубок.

Характер распространения ТБО как сплошной, так и диффузный. Общая площадь, занимаемая ими (без строительного мусора) в лесопарке, составляет примерно 196.5 га, или 31.3 % общей площади парка.

Строительный мусор складирован в виде множества свалок, которые по своему внешнему виду свидетельствуют о давнем (3—5 лет) происхождении. В целом строительным мусором занято примерно 0.5 % площади парка, что составляет 3.25 га.

После санитарных рубок в лесопарке остались огромные и, по-видимому, многолетние залежи невывезенных стволов деревьев и кустарников, расположенные и вдоль квартальных просек, и в глубине лесного массива (рис. 2.5).

Довольно значительная площадь парка, используемая под кострища, находится непосредственно вблизи заготовленных «дров». Обычно занятые ими площади составляют от 0.25 до 0.36 м², но встречаются кострища очень большие для городской черты — до 6.4 м². Места, охваченные пожарами, занимают площади до 35 м². Общая площадь выгоревшей территории примерно 0.007 га, или 0.001 % общей площади парка.

ТАБЛИЦА 2.9

Оценка объема ТБО

Оценка, балл	Характер распространения мусора
0	Диффузный, его общий объем до 2 м ³ /га
1	От диффузного до свалок общим объемом до 5 м ³ /га
2	Свалки занимают от 10 до 20 м ³ /га
3	Крупные скопления мусора и не вывезенных стволов деревьев после санитарных рубок общим объемом от 20 до 50 м ³ /га
4	Свалки строительного материала общим объемом от 50 до 100 м ³ /га

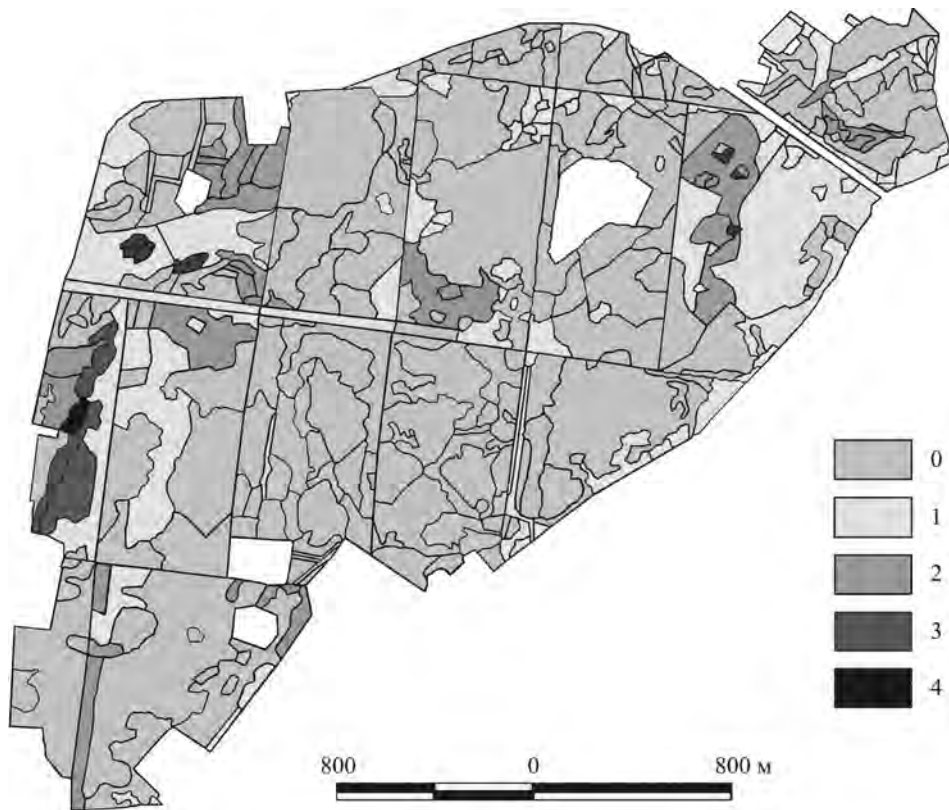


Рис. 2.6. Оценка загрязнения ТБО лесных кварталов Черняевского лесопарка.
0—4 — балл оценки.

Площадь, занятая отходами от санитарных рубок и кострищами, составляет 5.24 га, или 0.84 % площади парка.

Таким образом, примерно 32.6 % территории парка занято разными источниками загрязнения леса.

Оценка загрязнения лесопарка ТБО проводилась по его объему и распространенности в соответствии с разработанной нами балльной оценкой (табл. 2.9).

Анализ полученных данных свидетельствует, что распределение источников загрязнения неравномерно и по территории, и по общему объему мусорной массы и связано исключительно с деятельностью человека (рис. 2.6). Наибольшее загрязнение территории Черняевского лесопарка ТБО отмечено в местах постоянного пребывания людей, скопления мусора приурочены к пешеходной зоне, в основном по периметру парка, и по мере углубления в парк его количество уменьшается. Отсутствие надлежащего ухода за территорией парка ведет к уменьшению его рекреационной функции и, следовательно, к снижению возможностей для отдыха и укрепления здоровья населения.

ГЛАВА 3

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Воздействие антропогенных факторов приводит к изменению состояния абиотических компонентов природы: атмосферы, поверхностных и подземных вод, геологии. Чаще всего эти изменения связаны с загрязнением, интенсификацией старых и возникновением новых геологических процессов.

3.1. Атмосфера

Анализ состояния химического состава атмосферного воздуха показал, что объект исследования находится под воздействием выбросов промышленных предприятий города, а также передвижных источников (автотранспорта).

Расчетная оценка загрязнения атмосферного воздуха в пределах Черняевского лесопарка. Сводный расчет рассеивания ЗВ в атмосферном воздухе выполнен с использованием УПРЗА «Эколог-Город» версии 3.00 в соответствии с [ОНД—86]. Программа позволяет рассчитать загрязнение атмосферы на любом из трех уровней — предприятия, района, города — по данным об источниках выбросов ЗВ. Для проведения сводных расчетов рассеивания ЗВ в приземном слое атмосферы использована база данных параметров стационарных источников выбросов ЗВ в атмосферу промышленных предприятий г. Перми. По данным расчетов можно оценить концентрацию ЗВ в заданных контрольных точках с учетом влияния всех источников загрязнения атмосферы, расположенных на территории рассматриваемого города и выбрасывающих аналогичные вещества.

Используемая база данных содержит сведения о следующем:

- 11 239 источников выбросов, принадлежащих 456 предприятиям г. Перми;
- 419 загрязняющих примесей;
- 41 группе веществ с эффектом суммирования вредного действия.

Размер расчетного прямоугольника при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферы принят 4×4 км с шагом расчетной сетки 100 м. Число расчетных узлов сетки, в которых определялись приземные концентрации, составило 1600. Узловые точки расчетной сетки использованы для построения полей концентраций ЗВ.

Соблюдение санитарно-гигиенических критериев качества атмосферного воздуха проверено в контрольных точках по периметру лесопарка, заданных с шагом 100 м, общее число контрольных точек (расчетных точек пользователя) — 121.

ТАБЛИЦА 3.1

Примерный перечень веществ для проведения сводных расчетов

Код	Вещество	ПДК		Число источников	Валовый выброс, т/год
		тип	значение		
123	Железа оксид	ПДК _{ср. сут}	0.400	2451	148.7335
301	Азота (IV) оксид (азота диоксид)	ПДК _{макс. раз}	0.200	2788	11136.9342
303	Аммиак	То же	0.200	298	1336.0796
330	Серы диоксид	» »	0.500	1890	7827.7252
337	Углерода оксид	» »	5.00	3077	19109.9688
602	Бензол	» »	0.300	490	140.4710
616	Диметилбензол (ксилол)	» »	0.200	894	194.5863
621	Метилбензол (толуол)	» »	0.600	1018	254.0743
1071	Гидроксибензол (фенол)	» »	0.010	224	7.1840
1325	Формальдегид	» »	0.035	155	3.7267

Примечание: Перечень в табличной форме распечатывается автоматически из специальной программы для расчета загрязнения воздуха.

Вещества из перечня (табл. 3.1) для проведения сводных расчетов рассеивания вредных примесей выбирают исходя из следующих критериев:

— выбросы стационарных источников предприятий создают на территории города максимальные приземные концентрации рассматриваемого ЗВ, превышающие $0.5 \text{ ПДК}_{\text{макс. раз}}$ в атмосферном воздухе;

— вещество является специфичным для выбросов близлежащих предприятий;

— имеются методики измерения концентраций данного вещества в атмосферном воздухе населенных мест;

— вещество входит в перечень веществ, за которыми ведут наблюдения на постах ПЦГМС.

Используемые при расчете метеорологические параметры приведены в табл. 3.2. Направления ветра при расчете задают от 0 до 360° с шагом 1°, что соответствует стандартным требованиям при проведении расчета в программе «Эколог-Город».

Анализ результатов сводного расчета рассеивания показал (табл. 3.3), что уровень максимальных приземных концентраций по периметру Черняевского лесопарка не превышает установленных нормативов качества атмосферного воздуха населенных мест; максимальные приземные концентрации формируются по фенолу (0.53 ПДК), диоксиду азота (0.67 ПДК), оксиду углерода (0.85 ПДК).

Точки максимума, рассчитанные программой по узловым сеткам расчетной площадки, концентрируются в промышленной зоне, ограниченной улицами Рязанской—Леонова—Геологов. Поля концентраций ЗВ, превышающих $1 \text{ ПДК}_{\text{атм. возд}}$, локализованы на территории производственных зон (рис. 3.1). Распределение полей концентраций ЗВ свидетельствует о снижении их от опушки в глубь лесного массива.

Оценка воздействия автотранспорта на уровень загрязнения атмосферы. Черняевский лесопарк окружен автомагистралями с интенсивным движе-

ТАБЛИЦА 3.2

**Метеорологические характеристики
и коэффициенты, определяющие условия
рассеивания ЗВ в атмосфере г. Перми**

Характеристика	Значение
Коэффициент A , зависящий от стратификации атмосферы	160.0
Коэффициент рельефа местности	1.0
Средняя максимальная температура наружного воздуха t , °С:	
наиболее жаркого месяца года	24.2
холодного месяца года	-16.6
Среднегодовая роза ветров, %	
С	10.0
СВ	6.0
В	7.0
ЮВ	13.0
Ю	20.0
ЮЗ	20.0
З	13.0
СЗ	11.0
Скорость ветра U , м/с	7.0

ТАБЛИЦА 3.3

**Анализ результатов расчетов рассеивания ЗВ
в пределах Черняевского лесопарка**

Вещество		Координаты точек максимума, м		Максимальная приземная концентрация (с учетом фона), доля ПДК
код	наименование	X	Y	
123	Железа оксид*	-3283	-2614	0.15
301	Азота диоксид	-3895	-2097	0.67
303	Аммиак	-3614	-2390	0.28
330	Серы диоксид	-4555	-2512	0.26
337	Углерода оксид	-3895	-2297	0.85
602	Бензол	-5854	-5699	0.23
616	Диметилбензол (ксилол)	-4277	-2400	0.44
621	Метилбензол (толуол)	-5787	-5672	0.12
1071	Гидроксибензол (фенол)	-6040	-5682	0.53
1325	Формальдегид*	-4501	-4645	0.01

* Информация о фоновых концентрациях железа оксида и формальдегида отсутствует, приведена приземная концентрация, формируемая вкладами стационарных источников предприятия.



Рис. 3.1. Поле концентраций оксида углерода (фрагмент карты).

нием автотранспорта различной категории (легкового, грузового и пассажирского). Воздействие автотранспорта на уровень загрязнения атмосферы оценено путем расчета рассеивания ЗВ в зависимости от среднегодовой интенсивности движения автотранспорта (рис. 3.2) с использованием работ [Методическое пособие..., 1999, 2005].

Основными задачами расчета были:

- определение степени влияния выбросов ЗВ на загрязнение атмосферы, находящейся в зоне влияния;
- определение оценки воздействия на окружающую среду.

Основными источниками выбросов ЗВ являются:

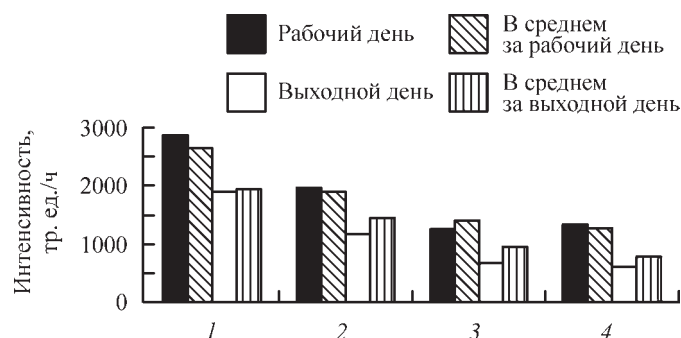


Рис. 3.2. Интенсивность транспортного потока в летний период года в среднем за день, в выходные и рабочие дни.
1—4 — точки наблюдения.

- движущийся транспортный поток на участке автомагистрали;
- автотранспорт в районе регулируемых перекрестков.

Для расчета использованы данные, осредненные за 3 года, а также участки улиц и регулируемые перекрестки, перечень которых приведен в табл. 3.4.

Перечень основных ЗВ от автотранспортных потоков и характеристики их выбросов для автомагистралей представлены в табл. 3.5.

Суммарные выбросы ЗВ (в граммах за 1 с) от транспортного потока для автомагистрали (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка рассчитаны по формуле:

$$M = \sum_1^n (M_{П_1} + M_{П_2}) + M_{L_1} + M_{L_2} + \sum_1^m (M_{П_3} + M_{П_4}) + M_{L_3} + M_{L_4}, \quad (3.1)$$

где $M_{П_1} — M_{П_4}$ — выброс в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора; $M_{L_1} — M_{L_4}$ — выброс в атмосферу автомобилями, движущимися по данной автомагистрали в рассматриваемый период времени; n и m — число остановок транспортного потока перед перекрестком на образующих его улицах за 20-минутный период времени; индексы 1 и 2 соответствуют каждому из двух направлений движения на авто-

ТАБЛИЦА 3.4

Участки улиц и регулируемые перекрестки для расчетов выбросов ЗВ от автотранспорта

Номер	Участок улиц (перекресток)
1	Встречная—шоссе Космонавтов
2	Шоссе Космонавтов—Зои Космодемьянской
3	Пожарского—Встречная
4	Подлесная—Братьев Игнатовых
5	Братьев Игнатовых—Качалова
6	Качалова—Леонова
7	Связева—Леонова

ТАБЛИЦА 3.5

**Перечень ЗВ от автотранспортных потоков
и характеристики их максимальных выбросов для автомагистралей в час пик**

ЗВ	Критерии качества атмосферного воздуха			Выброс, г/с		
	ПДК _{макс. раз} , мг/м ³	ПДК _{ср. сут} , мг/м ³	класс опасности	ул. Встречная	ул. Подлесная	шоссе Космонавтов
NO ₂	0.2	0.04	3	2.027	2.784	5.58
NO	0.4	0.06	3	0.329	0.452	0.907
Сажа	0.15	0.05	3	0.012	0.029	0.059
SO ₂	0.5	0.05	3	0.075	0.17	0.347
CO	5	3	4	9.627	21.636	44.655
Бензин	5	1.5	4	1.106	2.48	5.034
Керосин	1.2			0.168	0.391	0.779

магистрали с большей интенсивностью движения, а 3 и 4 — для автомагистрали с меньшей интенсивностью движения.

Выброс i -го ЗВ (в граммах за 1 с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) определяется по формуле:

$$M_{L_i} = \frac{L}{3600} \sum_1^k M_{k,i}^n G_k r_{k,i}, \quad (3.2)$$

где $M_{k,i}^n$ — пробеговый выброс i -го ЗВ автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации, г/км; k — число групп автомобилей; G_k — фактическая наибольшая интенсивность движения, т. е. число автомобилей каждой из k групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения, ед./ч; $r_{k,i}$ — поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока $V_{k,i}$ (км/ч) на выбранной автомагистрали (или ее участке); 3600 — коэффициент пересчета часов в секунды; L — протяженность автомагистрали (или ее участка), из которой исключена длина очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования), км.

Выброс i -го ЗВ в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора определяют (в граммах за 1 мин) по формуле:

$$M_{\Pi_i} = \frac{P}{40} \sum_{n=1}^{N_{\Pi}} \sum_{k=1}^{N_{\text{гр}}} (M'_{\Pi_i,k} G_{k,n}), \quad (3.3)$$

где P — продолжительность действия запрещающего сигнала светофора (вместе с продолжительностью желтого сигнала), мин; N_{Π} — число циклов действия запрещающего сигнала светофора за 20 мин; $N_{\text{гр}}$ — число групп автомобилей; $M'_{\Pi_i,k}$ — удельный выброс i -го ЗВ автомобилями k -й группы, находящимися в очереди у запрещающего сигнала светофора, г/мин; $G_{k,n}$ — число автомобилей k -й группы,

ТАБЛИЦА 3.6

**Метеорологические параметры,
принимаемые при расчете рассеивания ЗВ**

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	24.4 °С
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца	-16.5 °С
Коэффициент <i>A</i> , зависящий от температурной стратификации атмосферы	160
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5 %)	6 м/с

находящихся в очереди в зоне перекрестка в конце *n*-го цикла запрещающего сигнала светофора.

В связи с установленными отдельными ПДК для оксида азота и диоксида азота и с учетом трансформации оксида азота в атмосферном воздухе суммарные выбросы оксидов азота (NO_x) разделяют на составляющие (с учетом различия в молекулярной массе этих веществ):

$$M_{\text{NO}_2} = 0.8M_{\text{NO}_x}, \quad (3.4)$$

$$M_{\text{NO}} = 0.13M_{\text{NO}_x}. \quad (3.5)$$

Суммарные максимальные выбросы ЗВ от автотранспортных потоков по основным улицам приведены в табл. 3.5.

Исходные данные для расчета приземных концентраций следующие:

- рассчитанные максимальные выбросы ЗВ от отдельных участков автомагистрали;
- климатические данные;
- ситуационная карта-схема района расположения Черняевского лесопарка с прилегающей территорией.

При проведении расчетов рассеивания ЗВ в зоне влияния выбросов автотранспорта учтены метеорологические параметры, приведенные в табл. 3.6.

Расчеты проводились в городской системе координат. Размер расчетного прямоугольника при анализе рассеивания выбросов ЗВ принят 4.0×4.5 км с шагом сетки 50 м. Анализ расчетов рассеивания проводился для теплого периода года без учета данных по фоновому содержанию ЗВ. Критерий целесообразности расчетов при анализе рассеивания принимается 0.2.

Основные результаты расчетов рассеивания ЗВ от автомагистрали (данные по максимальному уровню) приведены в табл. 3.7.

Анализ результатов расчетов за летний период года показал, что максимальный уровень загрязнения атмосферного воздуха создается по NO_2 и СО — соответственно 10.24 (2.05 мг/м³) и 3.15 ПДК (15.75 мг/м³) — и формируется вдоль транспортных магистралей в районе участков с интенсивным движением: по шоссе Космонавтов между улицами Подлесной и Братьев Игнатовых, в районе кольца ул. Встречная—шоссе Космонавтов. По мере удаления от дороги уровень загрязнения существенно снижается и достигает нормативных значений по СО в 60 м от трассы, по NO_2 — в 300 м. По остальным ЗВ он не превышает 0.85 ПДК (см. рис. 3.1 и 3.3).

ТАБЛИЦА 3.7

**Уровень загрязнения атмосферы
при эксплуатации автотранспорта
по максимальным концентрациям ЗВ, мг/м³**

Вещество	Расчетная максимальная концентрация	
	доля ПДК	мг/м ³
NO ₂	10.24	2.05
NO	0.83	0.33
Сажа	0.14	0.02
SO ₂	0.25	0.13
CO	3.15	15.75
Бензин	0.36	1.8
Керосин	0.23	0.28



Рис. 3.3. Поле концентраций диоксида азота (фрагмент карты).

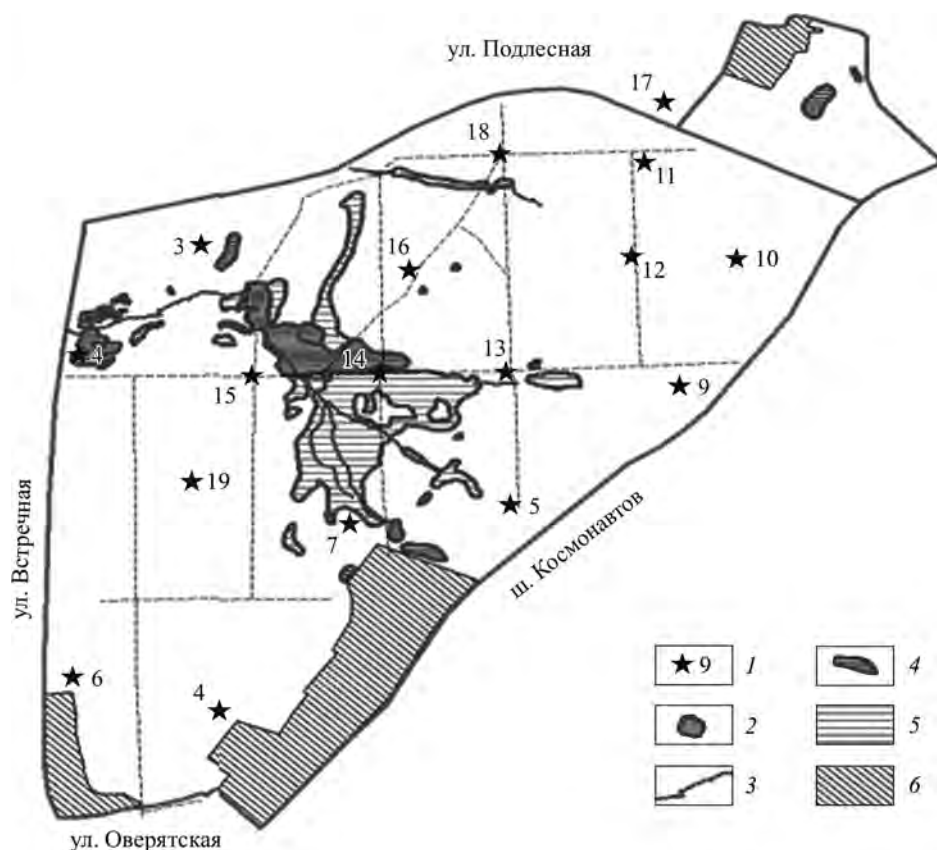


Рис. 3.4. Точки отбора проб снега в ходе снегомерной съемки в 2009 г.

1 — точки отбора проб, 2 — озера, 3 — ручьи, 4 — заболоченные участки, 5 — болота, 6 — зона застройки; здесь и далее на картах жирная линия внешнего контура — граница лесопарка, прямые пунктирные линии — границы лесных кварталов.

Характеристика химического состава снежного покрова исследуемого района. Снегомерная съемка с отбором проб снега для химического анализа выполнена в зимний период 2009 г. (рис. 3.4). Точки отбора проб снега практически равномерно распределены по территории исследуемого лесопарка. Результаты анализов приведены в табл. 3.8. Их анализ показал, что практически во всех точках отбора проб отмечены высокое содержание меди и нефтепродуктов, значительные превышения ПДК по фосфатам, свинцу и в отдельных точках отбора — незначительные превышения по нитрит-иону.

Во всех точках отмечено превышение нормативов по БПК. Содержание ряда компонентов практически не изменяется по территории:

- концентрация железа для всех проб¹ (кроме пробы № 10, в которой она достигает 0.15 мг/л) не превышает 0.10 мг/л,
- жесткость во всех случаях менее 0.318 ммоль/дм³,
- концентрация нитрит-ионов во всех пробах менее 0.2 мг/л,

¹ Номер пробы соответствует номеру точки ее отбора.

ТАБЛИЦА 3.8

**Результаты анализов проб атмосферных осадков (снега),
отобранных в феврале 2009 г., доля ПДК**

Номер пробы	БПК	Медь	Нитрит-ион	Нефтепродукты	Свинец	Фосфаты
17	3.1	10	0.6	5.5	1.4	—
18	3.7	4.5	0.6	1.3	0.7	—
19	2.4	5	0.5	1.8	0.4	0.4
20	1.6	6.3	0.5	0.9	0.3	0.3
21	1.1	5	0.3	—	—	—
22	1.9	6.8	0.6	1.6	2.4	—
23	2.4	6	1.2	4.3	0.7	—
24	1.9	6.6	0.6	1	0.3	—
25	1.8	10	2.1	15	0.3	—
26	1.8	10	2.1	15	0.3	—
27	1.6	4.5	0.5	37	0.9	—
28	2.2	3.5	0.5	12	6.7	0.6
29	3	13	0.8	3.5	5.4	1.9
30	3.8	6.8	1	14	5.6	5.5

Примечание: Жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК.

— сульфатов — 4.5 мг/л,

— калия — 2.5 мг/л,

— концентрация гидрокарбонатов во всех пробах не превышает 10 мг/л (при этом она уменьшается к центру лесного массива).

Общая закономерность — уменьшение содержания ингредиентов от опушки к центру лесопарка.

Изменение общей минерализации по территории характеризует общие тенденции изменения концентраций компонентов, поскольку общая минерализация является комплексным показателем количества содержащихся в воде растворенных веществ.

Помимо установления концентраций главных компонентов, определяющих химический состав атмосферных осадков и, как следствие, снежного покрова, исследовано содержание микроэлементов.

Тяжелые металлы относятся к приоритетным ЗВ, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. Термин «тяжелые металлы» характеризует широкую группу ЗВ. В различных научных и прикладных работах авторы по-разному трактуют значение этого понятия. В связи с этим число элементов, относимых к группе тяжелых металлов, изменяется в широких пределах. В качестве критериев принадлежности используют многочисленные характеристики: атомную массу, плотность, токсичность, распространенность в природной среде, степень вовлеченности в природные и техногенные циклы. В некоторых случаях под определение тяжелых металлов попадают элементы, относящиеся к хрупким (например, висмут) или металлоидам (например, мышьяк).

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым метал-

лам относят более 40 металлов Периодической системы Д. И. Менделеева с атомной массой свыше 50 а. е.: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации.¹ Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением Pb, Hg, Cd и Bi, биологическая роль которых на настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов. По классификации Н. Ф. Реймерса [Реймерс, 1980], тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см³. Таким образом, к тяжелым металлам относятся Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg.

Формально определению «тяжелые металлы» соответствует множество элементов. Однако, с одной стороны, по мнению исследователей, занятых практической деятельностью, связанной с организацией наблюдений за состоянием и загрязнением окружающей среды, соединения этих элементов далеко не равнозначны как ЗВ. Поэтому во многих работах рамки группы тяжелых металлов сужены в соответствии с критериями приоритетности, обусловленными направлением и спецификой работ. Так в ставшей уже классической работе Ю. А. Израэля [Израэль, 1984] в перечне химических веществ, подлежащих определению в природных средах на фоновых станциях в биосферных заповедниках, в разделе «Тяжелые металлы» названы Pb, Hg, Cd и As.

С другой стороны, согласно решению Целевой группы по выбросам тяжелых металлов, работающей под эгидой Европейской экономической комиссии ООН² и занимающейся сбором и анализом информации о выбросах ЗВ в европейских странах, только Zn, As, Se и Sb отнесены к тяжелым металлам.

В прикладных работах к числу тяжелых металлов чаще всего добавляют Pt, Ag, W, Fe, Au, Mn.

Источниками загрязнения вод тяжелыми металлами служат сточные воды гальванических цехов предприятий горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, машиностроительных заводов. Тяжелые металлы входят в состав удобрений и пестицидов и могут попадать в водоемы вместе со стоком с сельскохозяйственных угодий.

Повышение концентрации тяжелых металлов в природных водах часто связано с другими видами загрязнения, например с закислением. Выпадение кислотных осадков способствует снижению значения pH и переходу металлов из сорбированного состояния в свободное.

В ходе анализа проб, взятых на территории Черняевского лесопарка, на февраль 2009 г. определено содержание солей следующих тяжелых и редкоземельных металлов: Li, Be, Sc, Ti, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Sb, Cs, Ba, Hf, Ta, Pb, Th, U, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Кроме того, в снеге отмечены максимальные превышения ПДК по нефтепродуктам (1—37 ПДК), меди (3.5—10.0 ПДК), фосфатам (1.9—5.5 ПДК) и БПК (1.1—3.8 ПДК). Результаты анализа показали, что все соли тяжелых и редкоземельных металлов присутствуют в снеге в количествах, не превышающих ПДК.

¹ Биомагнификация — концентрирование, или накопление (как правило, 10—20-кратное), ряда химических веществ (например, пестицидов, радионуклидов) в трофических цепях.

² Европейская экономическая комиссия ООН (ЕЭК ООН) — региональная организация Экономического и Социального совета ООН (ЭКОСОС).

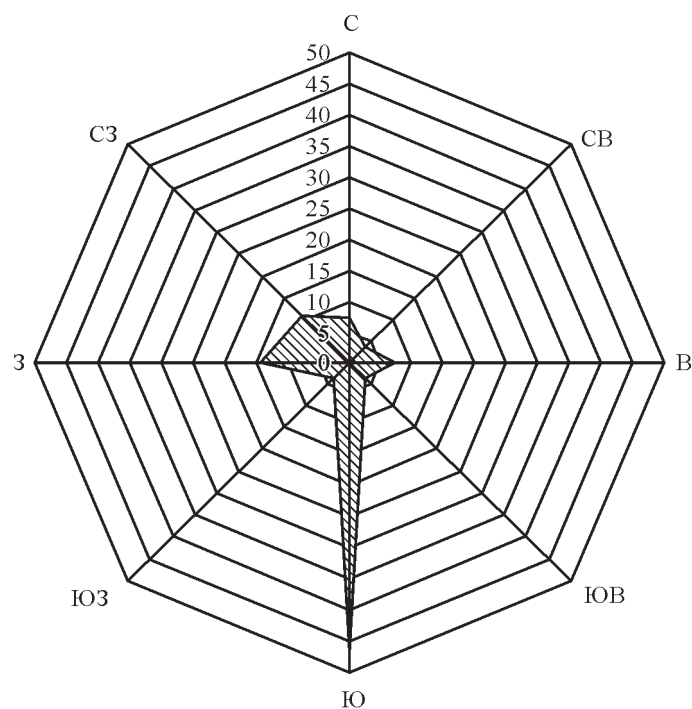


Рис. 3.5. Повторяемость ветра различной скорости по направлению по метеостанции Бахаревка в феврале 2009 г., %.

мельных металлов, которые лимитируются нормативным документом [ГН 2.1.5.1315—03] не превышают ПДК, за исключением хрома, концентрации которого составили 50.1—62.0 мкг/л при ПДК 50 мкг/л.

В целом, несмотря на близость города, Черняевский лесной массив играет роль своеобразного фильтра, задерживая в снежном покрове ЗВ, выпадающие из атмосферы. Общей закономерностью распределения практически для всех элементов является то, что в северо-восточной части исследуемой территории отмечено повышение их концентраций.

Для лучшего понимания картины распределения элементов построена роза ветров за февраль 2009 г. (рис. 3.5), так как направление ветра непосредственно влияет на перенос частиц. Из распределения повторяемости направления ветров видно, что в феврале 2009 г. в основном наблюдались ветры юго-западной четверти, из чего мы можем сделать вывод о том, что присутствовал перенос частиц в северную часть лесопарка. Это подтверждается схемами распределения самих микроэлементов.

Содержание таких элементов, как Lu, Dy, Th, Yb, Tb, Ta, Tm, Gd, Hf, Er, Eu, Ho, Sm, Sc, Pr, Be, очень мало и в большинстве проб не определяется.

Содержание U, Nb, Y, Co, Ti изменяется очень незначительно по всей территории лесопарка, только в точках № 20 и 21 оно несколько повышено, что можно объяснить близостью дорожного полотна.

Содержание Cs изменяется по всей территории так же незначительно, за исключением точки № 9. Содержание Pb по территории варьирует от 0.003 до

1.762 мкг/л. Поскольку ПДК по свинцу составляет 10 мкг/л, то данные значения можно считать небольшими.

В распределении ванадия можно отметить уменьшение его содержания в глубь лесопарка, максимум концентрации находится на севере на границе лесопарка и города, что объясняется увеличением антропогенного влияния.

Содержание Ва во всех пробах мало, колеблется от 8.075 до 1.95 мкг/л, но в пробах № 20 и 21 повышается уже до 91.243 и 95.429 мкг/л соответственно, что объясняется также близостью автодорожного полотна. Так как ПДК для Ва равна 700 мкг/л, такое повышение не является опасным.

Увеличено содержание Ga в северо-восточной части лесопарка на его границе с городом до максимальных значений 0.019—0.020 мкг/л. La и Li по всей территории распределены достаточно равномерно, за исключением точки № 19, где их содержания достигают соответственно 2.508 и 0.218 мкг/л. Также изменяются по территории содержания Se, Zn и Zr: они незначительно повышены в центральной зоне лесопарка. Это можно объяснить аккумулярующей способностью леса.

Содержание Cu, Rb, Sr, Ni, Sb в пробах снега на территории Черняевского лесопарка подчинено общей закономерности — оно возрастает в северо-восточном направлении. Мо содержится в малых количествах во всех пробах, что и необходимо для нормального развития растительных и животных организмов.

Таким образом, в распределении компонентов по территории лесопарка наблюдаются следующие общие закономерности:

- содержание компонентов уменьшается от дороги в глубь участка до границы поле—лес;
- содержание компонентов скачкообразно возрастает на границе поле—лес, что обусловлено аккумулярующей способностью лесного массива;
- содержание ряда компонентов возрастает на участке изменения уклона поверхности, в районе редколесья.

3.2. Поверхностные воды

3.2.1. Гидрографическая характеристика

Гидрографическая сеть на территории парка представлена бассейнами трех водотоков:

- 1) ручья Костянка;
- 2) ручья без названия, протекающего вдоль южной границы лесопарка (бассейн р. Мулянки);
- 3) ручья Светлого (северо-восточная часть парка, бассейн р. Данилихи).

Обследованные реки берут начало в центральной части лесопарка, их сток формируется за счет выходов грунтовых вод, а также атмосферных осадков. В среднем течении водотоки находятся в «подвешенном» состоянии (т. е. гидравлическая связь грунтовых и поверхностных вод отсутствует), поверхностный сток расходуется на питание верхних водоносных горизонтов. В нижнем течении уровни грунтовых вод подходят близко к поверхности земли, в результате чего местность заболочена, а грунтовые воды расходуются на пополнение поверхностного стока. Водотоки на территории лесопарка имеют разработан-

ные русла. Характерная черта его гидрографии — наличие на водотоках малых прудов с нерегулируемыми водосливами (водопрпускные сооружения под насыпями дорог).

На основании гидрографических работ, проведенных в летне-осенний период 2009 г., установлены основные черты гидрологического режима водотоков на территории Черняевского лесопарка. Установлено, что водотоки не промерзают (сток не прекращается), этим подтверждены результаты выполненных инженерно-гидрологических расчетов (табл. 3.9).

Наличие стока установлено на всех обследованных водотоках, расходы воды соответствуют расчетным значениям для года 95%-й обеспеченности (табл. 3.10).

В зимний период водотоки покрываются льдом. Сроки формирования ледостава соответствуют срокам установления неподвижного ледяного покрова на посту р. Мулянка — с. Субботино. Ледостав формируется без ледохода, путем смыкания заберегов. Пруды на обследованных водотоках полностью покрываются льдом на 5—7 сут позже собственно водотоков. К середине января толщина льда на водных объектах составляла 20—30 см.

Характерная особенность ледового режима водотоков Черняевского лесопарка — формирование обширных наледей длиной 100—150 м, шириной 50—150 м. Толщина льда в них достигает 70 см, под слоем снега вода в наледях не замерзает. Наледными водами затапливаются значительные пространства поймы, поросшие деревьями и кустарником (на участках распространения наледей стволы деревьев вмерзают в лед). Причина формирования наледей — неправильное устройство водопрпускных отверстий под насыпями, перегораживающими водотоки (водопрпускные отверстия к началу ледостава забиты снежурой, битым льдом, пlyingшим мусором) (рис. 3.6).

В период половодья лед стаивает на месте (ледоход не наблюдается). Многие дамбы, построенные на речках, из-за того, что водопрпускные отверстия в них забиты наносами, оказываются размытыми (рис. 3.7 и 3.8).

Результаты исследований и проведенных расчетов позволили выявить следующие основные характеристики стока:

— средний годовой сток большинства водотоков классифицирован как «исчезающе малый» (менее 1 л/с). Постоянный годовой расход в годы обеспеченностью от 1 до 99 % имеют ручьи Костянка, № 3 и 6, Светлый (табл. 3.11, рис. 3.9);

— максимальные расходы воды дождевых паводков в 2.5—3.5 раза больше максимальных расходов воды весеннего половодья. Модули стока в паводки обеспеченностью 1 % достигают 1000—1600 л/(с · км²);

— минимальный сток водотоков в годы обеспеченностью более 90 % классифицирован как «исчезающе малый». В то же время сток ручьев Костянка, № 3 и 6 сохраняется и в годы обеспеченностью до 99 %.

Исследуемые водотоки относятся к восточно-европейскому типу рек с весенним половодьем. Сток ряда водотоков (ручьев Костянка, Светлый) существует в течение всего года за счет интенсивного грунтового питания (этим обусловлено формирование наледей). Весеннее половодье короткое (несколько дней), дождевые паводки проходят за несколько часов и по высоте подъема уровня многократно (в 5—10 раз) превышают весеннее половодье. Сток водотоков достаточен для наполнения прудов в среднем течении рек, использования воды в пожарных и других технических целях при условии изъятия из водотоков не более 30 % стока.

ТАБЛИЦА 3.9
Измеренные расходы воды (при свободном русле)

Водный объект	Уровень воды, м усл.	Расход воды, л/с	Площадь водного сечения, м ²	Скорость течения, м/с		Ширина реки, м	Глубина, м		Уклон водной поверхности, ‰	Способ измерения расхода воды
				средняя	наибольшая		средняя	наибольшая		
Дата измерения — 6 августа										
Ручей № 1 (ручей Костянка) — исток	—	3.82	—	—	—	—	—	—	—	Объемный
Ручей Светлый — исток	—	4.40	—	—	—	—	—	—	—	»
Дата измерения — 18 октября										
Ручей № 1 (ручей Костянка):										
0.15 км от истока	10.89	3.43	0.006	0.24	0.30	0.30	0.02	0.04	14.3	Детальный
2.0 км от устья	107.4	4.30	—	—	—	—	—	—	11.4	Объемный
1.1 км от устья	96.8	6.12	0.012	0.51	0.60	0.40	0.03	0.06	8.0	Детальный
Ручей № 2 (0.32 км от устья)	109.2	1.10	—	—	—	—	—	—	10.0	Объемный
Ручей № 3 (0.55 км от устья)	101.27	0.70	—	—	—	—	—	—	11.3	»

ТАБЛИЦА 3.10

**Расчитанные расходы воды
различной обеспеченности**

Номер ручья	Пикет трассы	Площадь водосбо- ра F , км ²	Расходы воды (м ³ /с) по посту р. Мулянка — д. Субботино ($F = 336$ км ²) обеспеченностью P , %				Минимальные летние 30-суточные расходы воды (м ³ /с) обеспеченностью P , %			
			80	90	95	99	80	90	95	99
1	Устье-1	5.58	0.48	0.35	0.24	0.06	0.011	0.008	0.006	0.001
2	Устье-2	0.28	0.48	0.35	0.24	0.06	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Устье-3	2.67	0.48	0.35	0.24	0.06	0.009	0.007	0.004	0.001
6	Устье-6	1.80	0.48	0.35	0.24	0.06	0.005	0.004	0.002	0.001
7	Устье-7	0.09	0.48	0.35	0.24	0.06	0.001	0.001	0.000	0.000
1	№ 1	0.38	0.48	0.35	0.24	0.06	0.001	0.000	0.000	0.000
1	№ 2	0.63	0.48	0.35	0.24	0.06	0.001	0.001	0.000	0.000
1	№ 3	5.11	0.48	0.35	0.24	0.06	0.010	0.007	0.005	0.001



Рис. 3.6. Наледи на водопропускных сооружениях в истоке ручья Костянка.



Рис. 3.7. Вид размытой дамбы на ручье Костянка.



Рис. 3.8. Фильтрация воды через тело дамбы.

ТАБЛИЦА 3.11

**Внутригодичное распределение стока
водотоков Черняевского лесопарка, % годового стока**

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Маловодный	3.5	3.3	5.0	32.3	11.0	7.0	6.2	5.4	7.1	8.0	6.5	4.5
Средний по водности	4.4	3.7	3.6	31.4	21.3	7.9	4.8	4.2	4.8	5.3	4.7	3.9
Многоводный	3.4	3.3	4.9	39.4	14.5	5.3	4.1	3.8	4.9	6.5	5.6	4.4

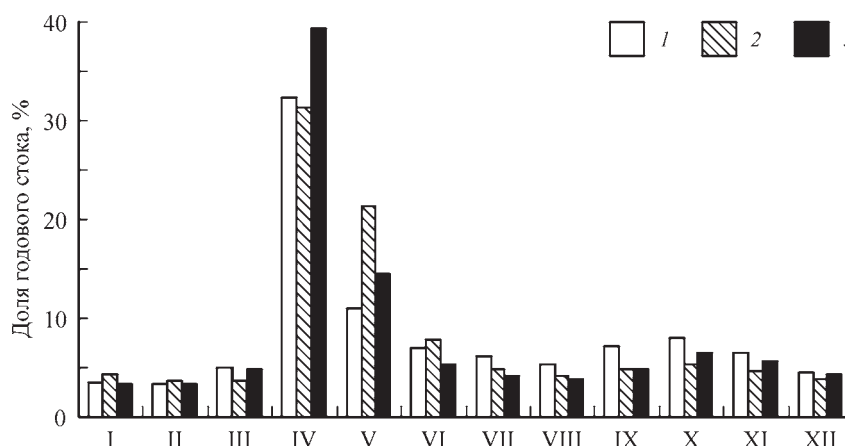


Рис. 3.9. Внутригодовое распределение стока.

1—3 — маловодный, средний по водности и многоводный год соответственно.

3.2.2. Химический состав и анализ загрязненности поверхностных вод на территории Черняевского лесопарка

Сложность веществ, находящихся в природе, отражается на составе природных вод. Соприкасаясь в своем круговороте с огромным числом разнообразных минералов, газов и органических веществ, природная вода включает в свой состав значительное число химических соединений.

Природные воды по химическому составу чрезвычайно разнообразны. Они различаются не только по химическим элементам и общей концентрации растворенных веществ, но и по количественному соотношению между компонентами состава и форме их соединений. В состав воды входят следующие компоненты:

- газы, главным образом в виде молекул и частично гидратированных соединений;
- соли, преимущественно в виде ионов;
- органические вещества (при больших содержаниях комплексов и молекул) — в виде молекулярных и высокомолекулярных соединений и в коллоидном состоянии.

Сложность состава природных вод подтверждается хотя бы тем, что один и тот же элемент может находиться в воде в различных соединениях и состояниях. Вещества в химическом составе природных вод можно разделить на следующие пять групп:

- 1) главные ионы, т. е. ионы, содержащиеся в наибольшем количестве (хлоридные Cl^- , сульфатные SO_4^{2-} , гидрокарбонатные HCO_3^- , карбонатные CO_3^{2-} , натрия Na^+ , калия K^+ , магния Mg^{2+} и кальция Ca^{2+});
- 2) растворенные газы (кислород O_2 , азот N_2 , двуокись углерода CO_2 , сероводород H_2S и др.);
- 3) биогенные элементы (соединения азота, фосфора, кремния);
- 4) микроэлементы (соединения всех остальных химических элементов);
- 5) органические вещества.

Несколько особое положение занимают ионы водорода H^+ , находящиеся в природных водах в очень небольшом количестве, но играющие очень большую роль в химических и биологических процессах, протекающих в них.

Кроме того, природные воды обладают качественными характеристиками: жесткостью, щелочностью, окисляемостью, агрессивностью. Эти свойства обусловлены не одним, а совокупностью нескольких компонентов состава воды.

Аммоний-ион (NH_4^+). В природных водах этот ион накапливается при растворении в воде аммиака (NH_3), образующегося при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений. Растворенный аммиак (в виде аммоний-иона) поступает в водоем с поверхностным и подземным стоком, атмосферными осадками, а также со сточными водами промышленных предприятий. В поверхностных водах, насыщенных кислородом, под действием нитрифицирующих бактерий он быстро окисляется до неустойчивой нитритной (NO_2^-), а затем до устойчивой нитратной (NO_3^-) формы. *Наличие аммоний-иона в концентрациях, превышающих фоновые значения, указывает на свежее загрязнение и близость источника загрязнения* (коммунальных очистных сооружений, отстойников промышленных отходов, животноводческих ферм, скопленных навоза и азотных удобрений, поселений и турбаз).

В природных водах этот ион встречается в очень незначительных концентрациях (сотые доли миллиграмма на 1 л), зачастую недоступных существующим массовым методам анализа. Увеличение концентрации ионов аммония и аммиака может наблюдаться в осенне-зимние периоды отмирания водных организмов, особенно в зонах их скопления. Весной и летом концентрация этих веществ уменьшается в результате интенсивного их усвоения растениями при фотосинтезе. *Прогрессирующее повышение концентрации аммоний-иона в воде указывает на ухудшение санитарного состояния водоема.*

Норма содержания аммиака в воде — не более 2 мг/л по азоту (для аммоний-иона $ПДК_{р/х} = 0.5$ мг/л) [СанПиН 2.1.4.1074—01].

Железо. В воду железо попадает главным образом из-за выветривания и растворения горных пород. Железо в воде образует сложные комплексы соединений в различных состояниях: растворенном, коллоидном, взвешенном. Большое количество железа поступает в воду из стоков промышленности (металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной) и сельского хозяйства. В питьевой воде железо может содержаться также из-за плохого состояния водопроводов и применения коагулянтов, содержащих железо.

В поверхностных пресных водах железо содержится в *трехвалентной* форме в очень небольших количествах. Повышенная концентрация железа (до единиц миллиграммов на 1 л) отмечена в болотистых водах, в них повышено содержание гумусовых веществ, соединенных с трехвалентным железом. Трехвалентное железо при определенных условиях также может присутствовать в воде в растворенном виде в форме неорганических солей (например, сульфатов), а также в составе растворимых органических комплексов.

При высоких значениях рН железо в воде находится в *коллоидной* форме гидроксида железа $Fe(OH)_3$.

В подземных водах с низкими значениями рН и при минимальном содержании отмечено повышенное содержание железа в растворенной *двухвалентной* форме.

Если концентрация железа в воде выше 0.3 мг/л, то вода после непродолжительного контакта с воздухом становится желтовато-бурого цвета из-за окисле-

ния элемента кислородом. Такая вода вызывает появление ржавых подтеков на сантехнике, отложения в котельном и бойлерном оборудовании. При концентрации железа выше 1 мг/л вода становится мутной и окрашивается в желто-бурый цвет при кратковременном контакте с воздухом. Такую воду недопустимо использовать и в питьевых, и в технических целях.

По *органолептическим показателям воды* концентрация железа не должна превышать 0.3 мг/л (а по нормам ЕС¹ — даже 0.2 мг/л).

Нитрат-ион (NO_3^-). Нитраты — конечный продукт окисления азотсодержащих биогенных веществ. *Наличие в воде нитратов без нитритов и аммония указывает на давнее загрязнение.* На локальных участках большое количество нитратов может поступать в природные воды с промышленными и бытовыми сточными водами, особенно со стоками, прошедшими биологическую очистку. Нитраты по классификации [СанПиН 2.1.4.1074—01] относятся к 3-му классу опасности (опасны по органолептическому признаку). ПДК для нитратов в питьевой воде не более 45 мг/л [СанПиН 2.1.4.1074—01].

Нитрит-ион (NO_2^-). Естественное содержание нитритов в поверхностных водоемах обычно очень низко. Этот ион, как правило, является промежуточным этапом окисления азотсодержащих органических соединений в цепочке высокомолекулярная органика—аммоний—нитриты—нитраты. Если в воде при этом обнаруживается и аммоний, значит, *загрязнение происходит и в данный момент, а его источник расположен недалеко.* При отсутствии аммония наличие нитритов может говорить о том, что *загрязнение происходило в недавнем прошлом.* Есть и другие пути попадания нитритов в воду, но этот путь обычно основной.

Нефтепродукты. Эти вещества относятся к числу наиболее распространенных в глобальном масштабе опасных веществ, вызывающих тяжелые экологические последствия при загрязнении ими водных объектов. Основные источники поступления нефтепродуктов в водные объекты — сточные воды предприятий нефтеперерабатывающей, нефтедобывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности; нефтепродукты часто попадают в воду в результате аварий при перевозке их водным путем и в результате интенсивного судоходства, а также с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

В водных объектах нефтепродукты присутствуют в виде чрезвычайно сложной, непостоянной по составу и разнообразной смеси веществ, основными группами которой являются углеводороды, обычно составляющие преобладающую часть нефтепродуктов (70—90 %), смолы (1—30 %) и асфальтены (до 8 %). В незначительных количествах (0.001—5.00 %) в водных объектах присутствуют также вещества других специфических классов, также относящиеся к нефтепродуктам. Эти вещества обладают разными устойчивостью, опасностью для экосистемы и физико-химическими свойствами, определяющими особенности их поведения в водном объекте. Содержание нефтепродуктов в природных водах колеблется в широких пределах — от полного отсутствия до 1—2 мг/л и более в загрязненных водах.

Многие компоненты нефти и нефтепродуктов высокотоксичны, а также проявляют мутагенные и канцерогенные свойства, что губительно сказывается на обитании всего гидробиологического сообщества. Этим обусловлены довольно жесткие требования к содержанию их в природных водах.

¹ Европейский союз.

Для водных объектов рыбохозяйственного назначения ПДК нефти и нефтепродуктов в растворенном и эмульгированном состоянии составляет 0.05 мг/л. Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения установлена ПДК на нефть многосернистую 0.1 мг/л, на прочие виды нефти — 0.3 мг/л.

Общая минерализация. Общая минерализация представляет собой суммарный количественный показатель содержания растворенных в воде веществ. Этот параметр также называют содержанием растворимых твердых веществ или общим солесодержанием, так как растворенные в воде вещества находятся именно в виде солей. К наиболее распространенным относятся неорганические соли (в основном бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое число органических веществ, растворимых в воде.

Уровень солесодержания в питьевой воде обусловлен качеством воды в природных источниках, которое существенно варьирует в разных геологических регионах вследствие различной растворимости минералов.

Кроме природных факторов на общую минерализацию воды большое влияние оказывают промышленные сточные воды, городские ливневые стоки (особенно когда соль используется для борьбы с обледенением дорог) и т. п.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), надежные сведения о возможном воздействии на здоровье повышенного солесодержания отсутствуют. Поэтому по медицинским показаниям ограничения ВОЗ не вводятся. Обычно хорошим считают вкус воды при общем солесодержании до 600 мг/л, однако уже при минерализации более 1000—1200 мг/л вода может вызвать нарекания у потребителей. Поэтому по органолептическим показаниям ВОЗ рекомендован верхний предел минерализации в 1000 мг/л.

СПАВ. Данные вещества представляют собой обширную группу соединений, различных по своей структуре и относящихся к следующим классам:

- анионоактивным (активная часть молекулы — анион),
- катионоактивным (активная часть молекулы — катион),
- амфолитным и неионогенным (молекулы которых совсем не ионизируются).

В водные объекты СПАВ поступают в значительных количествах с хозяйственно-бытовыми (при использовании синтетических моющих средств в быту) и промышленными сточными водами (текстильная, нефтяная, химическая промышленность, производство синтетических каучуков), а также со стоком с сельскохозяйственных угодий (СПАВ в качестве эмульгаторов входят в состав инсектицидов, фунгицидов, гербицидов и дефолиантов). Главные факторы понижения их концентрации:

- процессы биохимического окисления,
- сорбция взвешенными веществами и донными отложениями.

Степень биохимического окисления СПАВ зависит от их химического строения и условий окружающей среды.

По биохимической устойчивости, определяемой структурой молекул, СПАВ делят на мягкие, промежуточные и жесткие с константами скорости биохимического окисления соответственно не менее 0.3 в сутки, 0.3—0.05 в сутки, менее 0.05 в сутки. При понижении температуры скорость окисления СПАВ уменьшается: при 0—5 °С оно протекает весьма медленно. *Наиболее благоприятна для самоочищения водоема от СПАВ нейтральная или слабощелочная реакция среды ($pH = 7...9$).*

С повышением содержания взвешенных веществ и при значительном контакте водной массы с донными отложениями скорость снижения концентрации СПАВ в воде обычно возрастает за счет сорбции и осаждения. При высоком накоплении СПАВ в донных отложениях в аэробных условиях их окисляет микрофлора донного ила. В случае анаэробных условий СПАВ, накапливаясь в донных отложениях, становятся источником вторичного загрязнения водоема. Попадая в водоемы и водотоки, СПАВ значительно влияют на их физико-биологическое состояние, ухудшая кислородный режим и органолептические свойства, и сохраняются там долгое время, так как разлагаются очень медленно.

В слабозагрязненных поверхностных водах концентрация СПАВ колеблется обычно в пределах тысячных и сотых долей миллиграмма в 1 л. В зонах загрязнения водных объектов эта концентрация повышается до десятых долей миллиграмма, вблизи источников загрязнения может достигать нескольких миллиграммов в 1 л.

Отрицательное, с гигиенической точки зрения, свойство СПАВ — их высокая пенообразующая способность. Хотя СПАВ не являются высокотоксичными, есть сведения о их косвенном воздействии на гидробионтов. При концентрации СПАВ 5—15 мг/л рыбы теряют слизистый покров, при более высоких концентрациях может наблюдаться кровотечение в жабрах. Для СПАВ ПДК_в составляет 0.5 мг/л, ПДК_{вр} — 0.1 мг/л.¹

Кроме всего перечисленного СПАВ способны адсорбироваться на поверхности раздела фаз и понижать вследствие этого поверхностную энергию (поверхностное натяжение) воды, влияя тем самым на теплообмен водоема.

Фосфаты. Фосфаты — соли и эфиры *фосфорных кислот* — в основном применяют в производстве фосфорных удобрений. Фосфаты широко используются в синтетических моющих средствах для связывания ионов кальция и магния. Важное место фосфаты занимают и в биохимических процессах: в синтезе множества биологически активных веществ, а также в энергетике всех живых организмов.

Фосфаты, попадающие в окружающую среду, приводят к *эвтрофикации* водоемов. Поэтому использование фосфатов в *стиральных порошках* запрещено во многих странах. Помимо удобрений и стиральных порошков антропогенным источником фосфатов в окружающей среде являются необработанные сточные воды.

Также фосфаты попадают в окружающую среду при оцинковывании кузовов автомобилей.

Хлорид-ион (Cl⁻). Хлориды обладают высокой миграционной способностью благодаря хорошей растворимости. Большие количества хлоридов поступают из недостаточно очищенных промышленных (содержащих соляную кислоту и ее производные) и бытовых стоков. Для хлоридов ПДК в питьевой воде по [СанПиН 2.1.4.1074—01] — не более 350 мг/л, ПДК_{р/х} = 300 мг/л. Степень вредности хлоридов — 4-й класс опасности (умеренно опасны по органолептическому признаку) [СанПиН 2.1.4.1074—01].

Химическое потребление кислорода (ХПК). Показатель, характеризующий суммарное содержание в воде органических веществ по количеству израс-

¹ ПДК_в и ПДК_{вр} — органолептический и рыбохозяйственный лимитирующие показатели вредности соответственно.

ходованного на окисление химически связанного кислорода, называется *химическим потреблением кислорода (ХПК)*. Являясь интегральным (суммарным) показателем, ХПК в настоящее время считается одним из наиболее информативных показателей антропогенного загрязнения вод. В том или ином варианте ХПК используют повсеместно при контроле качества природных вод, исследовании сточных вод и др. Результаты определения окисляемости выражают в миллиграммах потребленного кислорода на 1 л воды.

Отметим также, что именно *перманганатная* окисляемость — единственный показатель ХПК, регламентирующий качество питьевой воды согласно [СанПиН 2.1.4.559—96], норматив по ХПК составляет 5.0 мгО/л.

В природных водах содержание трудно окисляющихся органических веществ обычно крайне мало, и результаты, получаемые при анализе природных вод *бихроматным* и *перманганатным* методами, практически достаточно близки.

Перманганатную окисляемость используют для оценки качества питьевой, водопроводной воды, природной воды источников водоснабжения и др. Ее определение предусмотрено [ГОСТ 2761—84] при обследовании источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Искажающее влияние на результаты при определении ХПК оказывают, в первую очередь, хлорид-ионы, как правило, содержащиеся в природных и особенно в сточных водах. Хлориды окисляются в условиях анализа до элементарного хлора, поэтому при концентрации Cl^- в пробе более 300 мг/л их влияние устраняют (или минимизируют) путем добавления сульфата ртути (II) в количестве 22.2 мг HgSO_4 на 1 мг Cl^- . Образующийся малодиссоциированный хлорид ртути (II) устойчив в присутствии большой концентрации серной кислоты и бихромата.

Существуют следующие нормативы на ХПК [Муравьев, 2004]:

- для питьевой воды — 5.0 мгО/л (по перманганатной окисляемости),
- для хозяйственно-питьевого водопользования — 15 мгО/л,
- для водоемов коммунально-бытового назначения — 30 мгО/л (по бихроматной окисляемости).

Таким образом, по ХПК все рассматриваемые водотоки относятся к категории «очень грязные».

Жесткость. Ионы кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}), а также других щелочно-земельных металлов, обуславливающих жесткость, присутствуют во всех минерализованных водах. Их источник — природные залежи известняков, гипса и доломитов. Ионы кальция и магния поступают в воду в результате взаимодействия растворенного диоксида углерода с минералами и при других процессах растворения и химического выветривания горных пород. Источником этих ионов могут служить также микробиологические процессы, протекающие в почвах на площади водосбора, в донных отложениях, а также сточные воды различных предприятий.

С точки зрения применения воды для питьевых нужд, ее приемлемость по степени жесткости может существенно меняться в зависимости от местных условий. Порог вкуса для иона кальция лежит в диапазоне 2—6 мг-экв./л в зависимости от соответствующего аниона, а порог вкуса для магния — и того ниже. В некоторых случаях для потребителей приемлема вода с жесткостью больше 10 мг-экв./л. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды,

ТАБЛИЦА 3.12

Нормативы для отдельных компонентов

Компонент	Норматив, мг/л	Компонент	Норматив, мг/л
Аммоний-ион	1.4	Сульфаты	500
БПК ₅	1.0*	Сухой остаток	1000
Железо (общее)	0.3	СПАВ (анион.)	0.5
Кадмий	0.001	Свинец	0.01
Медь	1.0	Фосфаты	3.5
Марганец	0.1	Хром III	0.5
Нитрат-ион	45	Хром IV	0.05
Нитрит-ион	3.3	Хлориды	350
Никель	0.02	ХПК	30.0*
Нефтепродукты	0.3	Цинк	1.0

* Единица измерения для БПК₅ и ХПК — [мгО/л].

придавая ей горьковатый вкус и оказывая отрицательное действие на органы пищеварения.

ВОЗ не предлагает какого-либо рекомендуемого значения жесткости по показаниям ее влияния на здоровье. По материалам ВОЗ [Руководство..., 1994], хотя ряд исследований и выявил статистически обратную зависимость между жесткостью питьевой воды и сердечно-сосудистыми заболеваниями, имеющиеся данные недостаточны для выводов о причинном характере этой связи. Аналогичным образом однозначно не доказано, что мягкая вода отрицательно влияет на баланс минеральных веществ в организме человека. Вместе с тем в зависимости от pH и щелочности вода с жесткостью больше 4 мг-экв./л может вызвать в распределительной системе водопроводов отложение шлаков и накипи (карбоната кальция), особенно при нагревании. Именно поэтому нормами Котлонадзора [РД 24.032.01—91] введены очень строгие требования к жесткости воды, используемой в котлах (0.05—0.10 мг-экв./л).

Кроме того, при взаимодействии солей жесткости с моющими веществами (мылом, стиральными порошками, шампунями) образуются «мыльные шлаки» в виде пены. Это приводит не только к значительному перерасходу моющих средств, пена после высыхания остается в виде налета на сантехнике, белье, человеческой коже и волосах. Главным отрицательным воздействием таких шлаков на человека является то, что они разрушают естественную жировую пленку, которой всегда покрыта нормальная кожа, и забивают ее поры.

Электрическая проводимость. Удельная электрическая проводимость служит приблизительным показателем суммарной концентрации электролитов, главным образом неорганических, и используется в программах наблюдений за состоянием водной среды для оценки минерализации вод. Удельная электрическая проводимость — удобный суммарный индикаторный показатель антропогенного воздействия.

Сведения о нормативах для отдельных компонентов приведены в табл. 3.12.

Первые исследования химического состава поверхностных вод в Черняевском лесопарке проведены в мае 2007 и в начале ноября 2008 г. Всего отобрано

ТАБЛИЦА 3.13

Результаты анализов поверхностных вод, 2007 г.

Компонент	Место отбора проб				
	ручей (I)	стоячая вода (старый дренаж) (II)	болото (III)	ручей у госпиталя (IV)	у дороги (V)
Аммоний-ион, мг/л	0.37	1.35	0.55	<0.05	0.07
БПК, мгО/л	2.4	5.8	6.1	1.7	0.6
Гидрокарбонаты, мг/л	97	26	110	111	96
Железо общее, мг/л	0.1	0.2	0.2	<0.1	0.2
Жесткость, ммоль/л	9.34	16.22	11.92	8.38	7.34
Кадмий, мг/л	0.0074	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Кальций, мг/л	145.3	161.0	391.7	125.5	131.9
Медь, мг/л	0.005	0.007	0.005	0.003	0.005
Нитрат-ион, мг/л	<5	<5	<5	20.04	<5
Нитрит-ион, мг/л	0.022	<0.02	<0.02	0.04	<0.02
Нефтепродукты, мг/л	0.05	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Сульфаты, мг/л	241.1	342.8	870.2	141.3	98.1
Сухой остаток, мг/л	544	699	1216	510	423
Свинец, мг/л	0.008	0.005	0.006	0.003	0.006
Фосфаты, мг/л	1.709	1.118	1.059	1.888	1.558
Хлориды, мг/л	49.54	12.12	32.71	48.74	56.74
Калий, мг/л	<2	2.58	2.51	<2	<2
Натрий, мг/л	23.57	9.06	22.57	14.79	15.39

пять проб воды и дан химический анализ их ингредиентов (табл. 3.13 и 3.14). Анализ концентраций всех ингредиентов, определенных в пробах, отобранных в ноябре 2008 г., показал, что их содержание не превышает ПДК, за исключением железа общего в пробе II (0.37 мг/л при ПДК = 0.3 мг/л); марганца в пробах I и II (соответственно 0.288 и 0.153 мг/л при ПДК = 0.1 мг/л); ХПК в пробе IV (43.3 мг/л при ПДК = 30 мг/л) и цветности во всех пробах, за исключением первой (норматив — 35 градусов цветности).

В 2009 г. отобрано 5 проб и определено 27 показателей, результаты приведены в табл. 3.15. Из них можно отметить следующее:

- высоко содержание меди и фосфатов во всех точках отбора проб;
- незначительно превышены нормативы по аммоний-иону, кадмию, кальцию, сухому остатку, свинцу, БПК в отдельных точках отбора проб;
- практически во всех точках отбора зафиксированы незначительные превышения ПДК по общему железу и сульфатам.

Концентрации аммоний-иона (NH_4^+) во всех пробах воды не превышают ПДК, равной 1.4 мг/мд³. Максимум и минимум содержания аммоний-иона отмечен в северной части исследуемой территории в поверхностных водах одного из притоков р. Мулянки — соответственно 0.70 и 0.05 мг/л (пробы II и I).

Распределение БПК, как 5-суточного, так и полного, практически одинаково на всей территории. Единственный случай отклонения по БПК₅ отмечен в пробе V, отобранной на заболоченном участке лесного массива. Минимальное

ТАБЛИЦА 3.14

Результаты анализов поверхностных вод, 2008 г.
(числитель — значение, знаменатель — погрешность измерения)

Компонент	Место отбора проб				
	ручей (I)	стоячая вода (старый дренаж) (II)	болото (III)	ручей у госпиталя (IV)	у дороги (V)
Аммоний-ион, мг/л	< 0.05	0.70	0.40	0.38	0.31
	—	0.25	0.14	0.13	0.11
БПК ₅ , мгО/л	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	0.81
	—	—	—	—	0.11
БПК _п , мгО/л	1.21	1.31	0.48	1.21	1.27
	0.17	0.18	0.12	0.17	0.18
Железо общее, мг/л	< 0.05	0.37	< 0.05	0.07	< 0.05
	—	0.05	—	0.01	—
Жесткость, ммоль/л	7.35	7.44	5.00	4.47	6.25
	0.22	0.22	0.15	0.14	0.19
Кадмий, мг/л	0.0003	0.0006	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003
	0.0002	0.0003	—	—	—
Кальций, мг/л	137.5	112.6	71.6	68.1	98.3
	6.2	5.2	3.4	3.2	4.5
Медь, мг/л	0.0034	0.002	0.0031	0.0023	0.0018
	0.0019	0.001	0.0017	0.0012	0.001
Марганец, мг/л	0.288	0.153	0.064	0.090	0.036
	0.006	0.004	0.004	0.004	0.004
Нитрат-ион, мг/л	18.57	0.80	1.35	1.42	0.52
	2.23	0.14	0.24	0.26	0.09
Нитрит-ион, мг/л	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
	—	—	—	—	—
Никель, мг/л	< 0.0025	< 0.0025	< 0.0025	< 0.0025	< 0.0025
	—	—	—	—	—
Нефтепродукты, мг/л	0.05	0.04	0.04	< 0.04	0.05
	0.02	0.02	0.02	—	0.02
Прозрачность, см	0.05	0.04	0.04	< 0.04	0.05
	0.02	0.02	0.02	—	0.02
Сульфаты, мг/л	74.00	88.8	55.3	43.80	64.50
	13.1	15.6	9.9	7.9	11.5
Сухой остаток, мг/л	570	560	391	370	476
	51	50	35	33	43
СПАВ (анион.), мг/л	< 0.010	0.18	< 0.01	0.017	0.022
	—	0.006	—	0.006	0.006
Свинец, мг/л	0.0005	0.0013	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003
	0.0003	0.0003	—	—	—
Фосфаты, мг/л	0.10	0.21	0.18	0.23	< 0.05
	0.02	0.03	0.03	0.04	—
Хром III, мг/л	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	—	—	—	—	—

ТАБЛИЦА 3.14 (продолжение)

Компонент	Место отбора проб				
	ручей (I)	стоячая вода (старый дренаж) (II)	болото (III)	ручей у госпиталя (IV)	у дороги (V)
Хром IV, мг/л	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —
Хлориды, мг/л	<u>49.5</u> 5.4	<u>58.0</u> 6.4	<u>38.5</u> 4.2	<u>37.4</u> 4.1	<u>44.8</u> 4.9
ХПК, мг/л	<u>< 4.0</u> —	<u>10.5</u> 2.5	<u>23.3</u> 5.6	<u>25.8</u> 6.2	<u>43.3</u> 10.4
Цинк, мг/л	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —	<u>< 0.01</u> —
Цветность, градус	<u>11</u> 2	<u>38</u> 2	<u>43</u> 2	<u>44</u> 2	<u>54</u> 2
Удельная электриче- ская проводимость, мкСм/см	<u>779.5</u> 31.2	<u>779.5</u> 31.2	<u>542.0</u> 21.7	<u>516.5</u> 20.7	<u>666.0</u> 26.6
pH	<u>7.46</u> 0.05	<u>6.81</u> 0.05	<u>7.54</u> 0.05	<u>7.63</u> 0.05	<u>7.13</u> 0.05

значение БПК_н составляет 0.48 мг/л и отмечено в пробе III. Ни в одной из пяти проб нормативы по БПК₅ и БПК_н не превышены.

В пробе II, отобранной недалеко от ул. Подлесной (рис. 3.10, а), отмечено незначительное превышение концентрации общего железа на 0.07 мг/л над ПДК.

В пробах I и II концентрация марганца превышает ПДК в 3.0 и 1.5 раза соответственно (см. рис. 3.10, б). В остальных случаях она менее 0.1 мг/л.

ТАБЛИЦА 3.15

Результаты анализов поверхностных вод в долях ПДК_{р/х}, 2007 г.

Компонент	Место отбора проб (номер пробы)				
	ручей (I)	стоячая вода (старый дренаж) (II)	болото (III)	ручей у госпиталя (IV)	у дороги (V)
Аммоний-ион	0.75	2.71	1.1	—	0.13
БПК	1.2	2.91	3.07	0.84	0.29
Железо общее	1.26	1.96	1.54	—	1.91
Кадмий	1.48	—	—	—	—
Кальций	0.81	0.89	2.18	0.7	0.73
Медь	4.88	6.88	4.51	3.01	4.76
Сульфаты	0.48	0.69	1.74	0.28	0.2
Сухой остаток	0.54	0.7	1.22	0.51	0.42
Свинец	1.3	0.85	0.97	0.42	1.02
Фосфаты	11.4	7.46	7.06	12.59	10.38

Примечание: Жирным шрифтом выделены показатели, превышающие норматив.

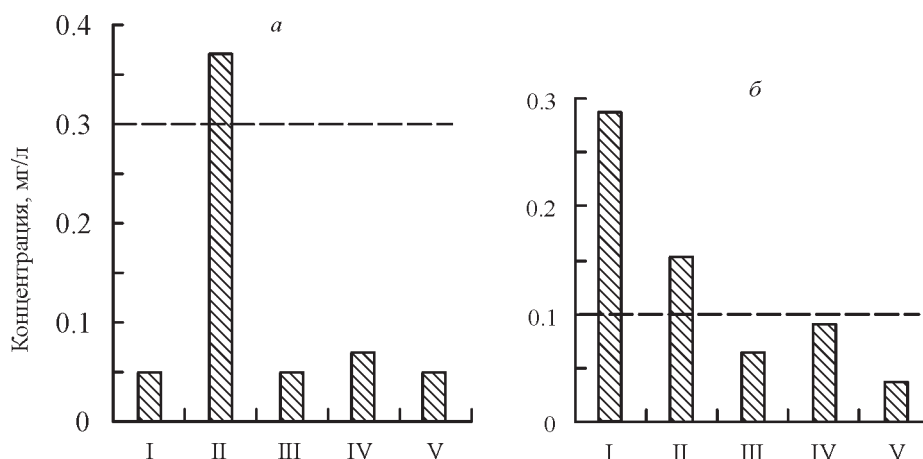


Рис. 3.10. Распределение концентрации железа общего (а) и марганца по точкам отбора проб (б).

I—V — точки отбора, пунктирная линия — норматив.

Превышений ПДК для нитрат- и нитрит-ионов не зафиксировано. Единственное высокое значение по нитрат-ионам обнаружено в пробе I — 18.57 мг/л. Так же отсутствуют превышения нормативов по содержанию никеля, нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, жесткости, кальция, кадмия, сухого остатка, свинца, фосфатов и СПАВ. При этом наибольшие содержания компонентов отмечены во II пробе, что можно связать с непосредственной близостью автомобильной дороги. Незначительное повышение ПДК по СПАВ отмечено в пробе V, отобранной в северной части лесного массива. Химический анализ отобранных проб воды выявил наличие хрома (пробы III и IV), хотя и в небольших концентрациях, менее 0.01 мг/л, что находится в пределах ПДК.

ХПК возрастает к центру лесного массива от 4 до 43 мгО/л, причем в пробе V отмечено превышение норматива в 1.4 раза (рис. 3.11, а). Удельная электри-

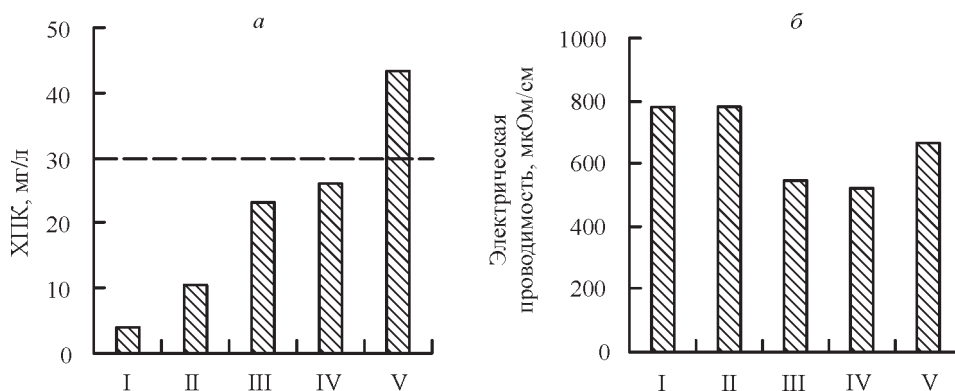


Рис. 3.11. Распределение ХПК (а) и удельной электрической проводимости (б) по точкам отбора проб воды.

I—V — точки отбора, пунктирная линия — норматив.

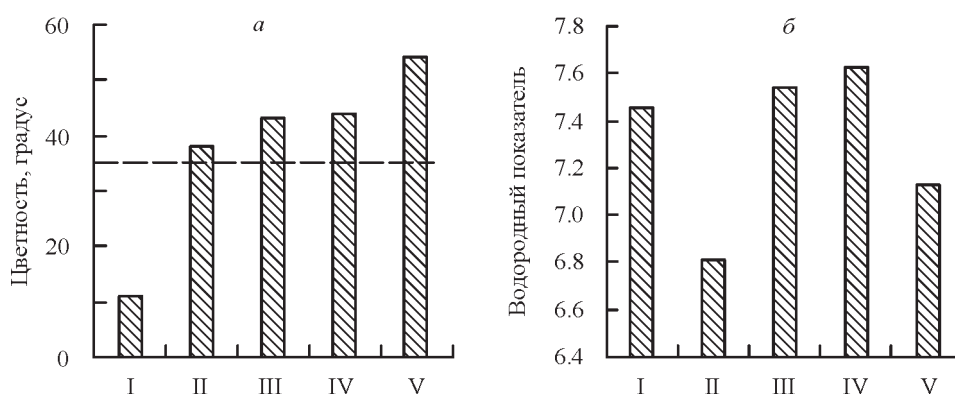


Рис. 3.12. Распределение цветности (а) и рН (б) по точкам отбора проб воды.
I—V — точки отбора, пунктирная линия — норматив.

ческая проводимость повышена в пробах I и II, а также в пробе V (рис. 3.11, б). Ее минимум обнаружен в самой южной точке отбора проб воды (проба IV).

Цветность во всех пробах воды превышает предельно допустимые значения. Ее максимум отмечен в пробе V (54 градуса цветности), а минимум — в пробе I (11 градусов цветности) (рис. 3.12, а).

Изменение значений рН направлено в сторону повышения щелочности в поверхностных водах, за исключением воды, отобранной в точке II, где рН ниже нормы и характеризуется незначительным повышением кислотности водной среды (рис. 3.12, б).

Сравнение результатов исследования химического состава постоянно существующих рек, ручьев, временных водотоков и небольших водоемов показало, что ПДК веществ в основном превышены во временных водоемах и водотоках, образующихся в результате таяния снега. Химический состав их вод формируется за счет накопленных в снегу ингредиентов, оседающих из атмосферы и поступающих с поверхностным стоком с прилегающих территорий.

Изучение формирования стока, загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод позволяет сделать следующие выводы.

1. В период снеготаяния основная роль в водоснабжении территории принадлежит талым водам, частично стекающим по поверхности в виде ручьев, а также фильтрации воды в почву с образованием верховодки. Неглубокое залегание суглинков создает водоупорный слой, который не позволяет влаге просачиваться в более глубокие слои и вызывает ее накопление на поверхности. Это приводит к переувлажнению территории и образованию участков со стоячей или слабопроточной водой в понижениях местности.

В период летней межени при отсутствии жидких осадков в результате интенсивного испарения с почвы и водной поверхности наблюдается снижение стока.

На участках со слабопроточной водой отмечено превышение санитарно-гигиенических норм (выраженное в долях ПДК) по некоторым компонентам:

Компонент	Общая минерализация	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	Железо общее
Доля ПДК	1.27	1.15	1.49	1.27	9.4

Поверхностные воды заболоченных участков по химическому составу значительно отличаются от воды рек. Подобное можно связать с иными условиями формирования поверхностного стока. Вероятно, большая часть поверхностных вод заболоченных земель формируется из-за стекания в низину талых вод с городской территории, в пределах которой дороги посыпают солью или материалом, содержащим ее. В результате отмечены высокая минерализация и значительное содержание твердого осадка. Обращает на себя внимание и формирование здесь сульфатной фации. Преобладание сульфатов иона можно объяснить происхождением изучаемых вод за счет таяния снега и смыва веществ с территории ипподрома и близрасположенного предприятия автосервиса. В пределах Пермской области атмосферные осадки имеют сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый или гидрокарбонатно-кальциевый состав [Максимович, 1955]. Подтверждено [Двинских, Бельтюков, 1992], что в результате антропогенного воздействия основными компонентами минерального состава атмосферных осадков являются ионы NH_4^+ , SO_4^{2-} и NO_2^- . По данным проведенных анализов, значительное содержание NH_4^+ отмечено в слабопроточном водном объекте (болото, проба I) — 1.9 мг/л. Ионы NH_4^+ , NO_2^- и SO_4^{2-} содержатся во всех пробах, но ПДК не превышают.

Химический состав поверхностных вод на изучаемой территории формируется под влиянием антропогенного воздействия окружающей территории. Так на специфику атмосферных осадков, выпадающих на территорию города, влияют магистральный автотранспорт и в меньшей степени — выбросы промышленных предприятий. Большое влияние на локальное загрязнение оказывают объекты, расположенные на прилегающей территории (предприятия автосервиса), о чем свидетельствует наличие нефтепродуктов в местах отбора проб, расположенных у дорог, их концентрация достигает 33.2 мг/л, или 111 ПДК. Еще одним источником поступления нефтепродуктов является сток с юго-западной части территории, занятой гаражами, и с автомагистрали.

2. В постоянных водотоках превышения ПДК отмечены по меди (3—7 ПДК), фосфатам (7.0—12.6 ПДК), кальцию (2 ПДК), БПК (1—3 доли норматива). В снеге максимальные превышения ПДК отмечены по нефтепродуктам (1—37 ПДК), меди (3.5—10 ПДК), фосфатам (1.9—5.5 ПДК), БПК (1.1—3.8 доли норматива).

3. Все соли тяжелых и редкоземельных металлов, содержание которых лимитируется нормативным документом ГН 2.1.5.1315—03, не превышают своих ПДК, за исключением хрома (50—62 мкг/л при ПДК 50 мкг/л).

4. Общая закономерность практически для всех выявленных загрязняющих ингредиентов — повышение концентраций в северо-восточной части исследуемой территории вследствие того, что там проходит дорога, отделяющая Черняевский лесопарк от Балатовского.

3.3. Подземные воды и недра

3.3.1. Общая геологическая и гидрогеологическая характеристика

Территория Черняевского лесопарка является частью Камской долины, сложенной разновозрастными четвертичными отложениями. Основными элементами рельефа являются пойма и первая (I), вторая (II) и третья (III) аккумулятивно-эрозионные надпойменные террасы.

В литологическом разрезе поймы выделяются три фации:

- 1) русловая — сложена песчано-гравийным материалом мощностью 3—10 м;
- 2) прирусловая отмель — сложена преимущественно песками с линзами супеси и суглинка, ее мощность 2—4 м;
- 3) пойменная — представлена переслаиванием суглинка, глины, супеси и песка с линзами торфа, ее мощность 0.1—6.0 м.

В разрезе I надпойменной террасы выделяются два горизонта:

- 1) нижний — песчано-гравийно-галечниковый мощностью 2—7 м;
- 2) верхний — песчаный мощностью 4—14 м с прослоями и линзами супеси и суглинка.

Аллювий II надпойменной террасы представлен двумя горизонтами:

- 1) нижним — невыдержанным по площади песчано-гравийным, мощностью 1.6—6.4 м;
- 2) верхним, сложенным преимущественно разнозернистыми песками, мощностью 4—14 м.

В северной части в пределах заболоченного участка отмечен торф.

На III надпойменной террасе расположена большая часть изучаемого участка. Аллювий в основании разреза террасы представлен песчано-гравийными отложениями мощностью от 2 до 11 м, которые перекрыты разнозернистыми, а в верхней части в основном мелкими песками с прослоями и линзами суглинка и супеси. В долине безымянного ручья на заболоченном участке залегает слой торфа мощностью 0.9 м.

Под четвертичными породами повсеместно развиты шешминские отложения. Они залегают вблизи поверхности, слагая цоколи камских террас. Представлены толщей терригенных пород (аргиллиты, песчаники, алевролиты). Вся вскрытая толща (мощностью до 20 м) в различной степени выветрелая и трещиноватая. По данным буровых работ породы шешминского горизонта вскрыты скважинами на глубинах 5.5—24.5 м.

В целом для участка исследований характерно следующее геологическое строение верхней части разреза:

- аллювиальные отложения поймы сложены песками, глинами, суглинками, линзами торфа;
- отложения I террасы — песок разнозернистый, песок гравелистый, гравийный грунт;
- отложения II и III террасы — песок, супесь гравелистая, гравийный грунт.

Вскрытая часть коренных отложений (шешминских) на всех элементах одна и та же: песчаник, аргиллит, алевролит.

В геологическом строении зоны активного водообмена отмечены верхнепермские породы, перекрытые разновозрастными четвертичными отложениями. Пресные подземные воды приурочены в основном к шешминским отложениям уфимского яруса верхней перми и четвертичным аллювиальным образованиям.

В соответствии с гидродинамическими условиями, возрастом и литологическим составом водовмещающих пород, а также положением в разрезе цоколя речных террас в районе Черняевского лесопарка распространены порово-грунтовые воды аллювиальных отложений поймы и низких аккумулятивных (I и II террас) и III эрозионно-аккумулятивной террасы. В нижней части

разреза этих террас прослеживается выдержанный песчано-гравийный слой, который перекрыт разнозернистыми песками. Все отложения поймы и низких террас практически обводнены. Верхняя часть грунтового потока разгружается в виде родников и мочажин непосредственно в пределах исследуемой территории.

Ресурсы подземных вод аллювиальных образований в целом незначительны, так как площадь распространения слоев с высокими фильтрационными свойствами невелика. Тем не менее в долине р. Светлой в пределах III террасы р. Камы в 1908 г. был оборудован водозабор, эксплуатирующий подземные воды четвертичных аллювиальных отложений. Отбор воды продолжается и в настоящее время.

В пределах изучаемой территории, как и в самом г. Пермь, распространен непостоянный водоносный горизонт — верховодка. Ее появление обусловлено в основном различием фильтрационных свойств верхней части разреза и обильным питанием подземных вод в некоторые периоды (в том числе и техногенным). Водовмещающими породами служат чаще всего пылеватые глинистые пески и торф.

Подземные воды шешминского комплекса содержатся в основном в трещиноватых песчаниках, алевролитах, реже — в аргиллитах. В верхней части шешминских отложений циркулируют безнапорные трещинно-грунтовые воды. Глубина их залегания 5—20 м и более. Трещинно-пластовые воды развиты ниже, приурочены к участкам повышенной трещиноватости. Они обладают напором, который возрастает по мере погружения отложений. На камских террасах он достигает 15—20 м и более.

В кровле шешминских отложений выдержанного водоупора нет, и местами грунтовые воды и подземные воды шешминских отложений образуют практически единый водоносный горизонт, установившийся уровень которого фиксируется на отметках уровня грунтовых вод. Такая ситуация отмечена при проведении работ в южной части исследуемой территории (стадион по адресу шоссе Космонавтов, д. 158 а) и в северо-восточной части (по трассе канализации). На участках присутствия в кровле коренных отложений водоупорных пород неглубокими скважинами вскрыты два водоносных горизонта: в четвертичных аллювиальных отложениях и в верхней части разреза шешминских пород.

Естественные (фоновые) показатели химического состава подземных вод в четвертичных и шешминских отложениях, характерные для г. Перми, приведены в табл. 3.16.

Черняевский лесопарк находится на территории крупного города, и потому все компоненты природной среды, в том числе подземные воды, испытывают определенное техногенное воздействие. Загрязняются главным образом грунтовые воды четвертичных отложений и в меньшей степени — шешминский водоносный комплекс. Техногенная нагрузка на территорию города и длительность воздействия накладывают отпечаток на состав грунтовых вод.

По результатам опробования вод родников и скважин в районе Черняевского лесопарка в конце XX—начале XXI в. подземные воды были преимущественно гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевыми, в большинстве случаев с минерализацией до 1 г/л. Отмечены повышенные значения минерализации, жесткости, концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов и других компонентов, что характерно для городских территорий.

ТАБЛИЦА 3.16

Фоновые значения показателей химического состава подземных вод на территории г. Перми [Щукова, 2005]

Характеристика	Подземные воды в отложениях	
	четвертичных	шешминских
Показатель химического состава, мг/л:		
минерализация	300—600	300—600
HCO_3^-	200—300	200—300
SO_4	10—20	10—50
Cl	10—20	10 (до 20)
Ca	50—100	50—100
Mg	10—20	10—40
Na + K	20—40	10 (до 50)
pH	7.5—8.0	7.5—8.0
Жесткость общая, мг-экв./л	3—6	3—6

За пределами лесопарка, на соседних территориях, качество подземных вод хуже:

— в ряде случаев такие показатели, как минерализация, жесткость, нитраты, сульфаты, хлориды, натрий, не превышали нормативов, но были значительно выше фоновых значений;

— превышения нормативов отмечены по минерализации, жесткости, нитратам, аммонии, pH.

Максимальная минерализация подземных вод, циркулирующих на прилегающих к лесопарку территориях, составляла 1894 мг/л, наибольшая жесткость 18.5 мг-экв./л.

Шешминский водоносный комплекс в значительно меньшей степени подвержен техногенному и антропогенному воздействию города, поэтому подземные воды практически сохранили свой природный гидрохимический облик. По данным опробования скважин, пробуренных в северной части Черняевского лесопарка на территории краевого госпиталя инвалидов войн, распространены преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые, пресные (сухой остаток 294—448 мг/л) воды, что соответствует областям распространения шешминского водоносного комплекса. Превышений допустимого уровня качества этих вод практически нет.

Подземные воды, эксплуатируемые водозабором «Светлый», в 2001—2002 гг. были пресными (сухой остаток 507—593 мг/л); в химическом составе преобладали гидрокарбонаты, сульфаты, кальций. Содержание сульфатов изменялось в пределах ПДК, но было заметно выше фоновых значений, характерных для г. Перми. Превышения нормативов довольно стабильно отмечались по жесткости, имелось незначительное превышение установленных норм по барии.

В пределах исследуемой территории в зоне затрудненного водообмена залегают горизонты минерализованных и высокоминерализованных лечебных вод, которые перекрыты водоупорными отложениями, надежно изолирующими их от загрязнения с поверхности, а также от подтока в пресноводный горизонт (при

условии герметичности колонн эксплуатационных скважин). Горизонты лечебных вод обладают значительным напором, позволяющим им в случае возникновения путей миграции (например, при нарушении герметичности колонн) подниматься в пресноводную зону и засолить их.

3.3.2. Уточнение морфологической структуры территории

С точки зрения геоморфологической структуры, территория Черняевского лесопарка изучена слабо, существует только схематическая карта инженерно-геологических условий, на которой выделены пойма и три надпойменных террасы четвертичного возраста. Границы террас проведены в основном по высотным отметкам.

Вещественный состав различных террас различного возраста может существенно различаться, что сказывается на характеристиках грунтов и, в частности, на их водопроницаемости. Для более достоверной оценки защищенности территории и прогноза ее подтопления необходимо точнее выделить границы террас и поймы. Для этого можно использовать данные литолого-минералогических исследований, в частности методику расчленения четвертичных отложений р. Камы в соответствии с их минеральным составом Б. М. Осовецкого [Осовецкий, 2004].

Эволюция минерального состава четвертичного аллювия р. Камы имеет сложный характер. Он определяется особенностями палеогеографии района: сменой источников питания в результате перестройки речной сети и последовательного углубления эрозионного среза Урала, а также неоднократным чередованием ледниковой и межледниковой эпох. Вещественный состав терригенных пород изучен Б. М. Осовецким с помощью минералогического анализа, который успешно применяется при решении различных геологических задач, в том числе для корреляции и расчленения разрезов толщ. Для изучения минерального состава в ходе бурения скважин в 2008—2009 гг. отобран 41 образец песков, супесей и суглинков, слагающих надпойменные террасы (рис. 3.13).

Выход тяжелой фракции в осадках. Для отложений всех террас отмечено увеличение выхода тяжелой фракции в более мелкообломочных типах осадков (от песков к суглинкам). В среднем выход тяжелой фракции в классе 0.25—0.10 мм среднезернистых песков в 2 раза выше, чем таковой суглинков и супесей (табл. 3.17).

Наибольшее содержание тяжелых минералов установлено в осадках II надпойменной террасы, наименьшее — в осадках III террасы. Причина этого — изменение источников питания для аллювия р. Камы в течение четвертичного периода, обусловленное последовательным врезом в подстилающие породы и разным по интенсивности влиянием выноса обломочного материала из притоков (особенно рек Косьвы и Чусовой).

Минеральный состав тяжелой фракции. В целом в составе тяжелой фракции класса 0.25—0.1 мм присутствуют следующие минералы: группа эпидота (эпидот, клиноцоизит, цоизит), гранаты, ставролит, дистен, железорудные оксиды (магнетит, гематит, гетит, гидрогетит, ильменит, хромшпинелиды), группы пироксенов (диопсид, гиперстен, авгит) и амфиболов (обыкновенная роговая обманка, актинолит), циркон, рутил, сфен, глауконит, слюды, шпинель, тур-

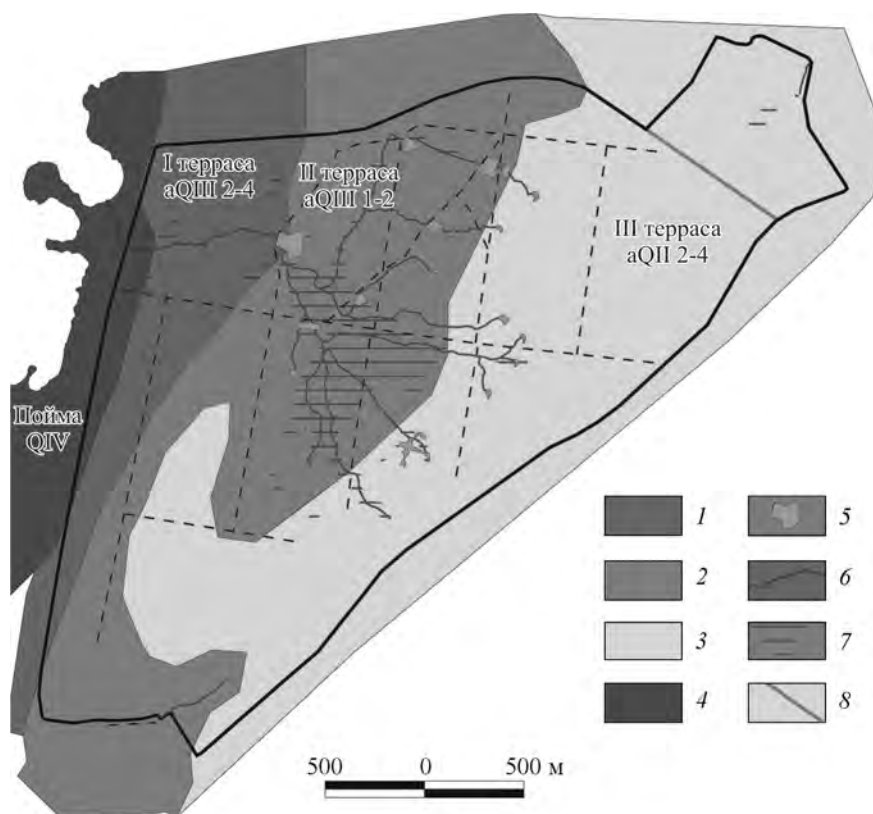


Рис. 3.13. Уточненные границы террас по территории Черняевского лесопарка.
1—3 — I—III надпойменные террасы соответственно, 4 — пойма, 5 — пруды, 6 — ручьи, 7 — болота, 8 — дорога.

малин, лейкоксен, апатит и сростки минеральных зерен (кварца с рудными, лейкоксеном и др.).

Во всех пробах существенно преобладает группа эпидота (60—75 %). Затем по распространенности следуют гематит и диопсид (до 20 % и более). В количестве до нескольких процентов обычно присутствуют гранаты и ставролит. Остальные компоненты встречаются в переменных количествах, но являются резко подчиненными.

ТАБЛИЦА 3.17
Выход тяжелой фракции в классе 0.25—0.1 мм
в осадках разного возраста и литологического типа, %

Терраса	Песок		Супесь	Суглинок	Среднее
	среднезернистый	мелкозернистый			
I	0.48	0.81	0.97	0.88	0.78
II	—	0.86	1.05	—	0.96
III	—	0.55	0.74	0.96	0.75
Среднее	0.48	0.74	0.91	0.92	—

ТАБЛИЦА 3.18

**Изменение содержания диопсида
по литологическим типам осадков, %**

Терраса	Песок		Супесь	Суглинок	Среднее
	среднезернистый	мелкозернистый			
I	8.5	9.1	8.8	4.2	7.2
II	—	10.8	7.5	—	9.2
III	—	7.4	8.1	4.1	6.5
Среднее	8.5	9.1	8.1	4.1	

Минеральный состав, как и выход тяжелой фракции, зависит от литологического типа осадков и их возраста. Особенно заметно это сказывается на изменении содержаний диопсида, гематита, гранатов и ставролита. Так содержание диопсида наибольшее в супесях и мелкозернистых песках и существенно снижается в среднезернистых песках и суглинках. В осадках II надпойменной террасы оно заметно выше, чем в других комплексах (табл. 3.18).

Содержание гематита меняется в очень широких пределах, что обусловлено влиянием аутигенных процессов. Здесь наиболее корректно сравнение только по мелкозернистым пескам. Отмечено увеличение содержания гематита от молодых осадков к более древним: I терраса — 1.7, II терраса — 2.8, III терраса — 4.4 %.

Содержание гранатов и ставролита, а также ильменита заметно снижается в осадках III надпойменной террасы.

Некоторые минералы, присутствующие в небольшом количестве, могут служить в качестве коррелятивов отдельных стратиграфических подразделений четвертичной толщи. Так, обыкновенная роговая обманка характерна для осадков I надпойменной террасы, сфен — для II террасы, а лейкоксен — для III террасы.

Источники питания обломочного материала осадков надпойменных террас — в основном верхнепермские песчаники. Засчет их размыва в камском аллювии формируется эпидотовая минеральная ассоциация тяжелой фракции. В то же время сказывается некоторое влияние выноса обломочного материала из притоков и с участка верхнего течения р. Камы. В частности, минералы группы пироксенов поступали преимущественно через долину р. Косьвы. Это единственная река на территории Пермского края, тяжелая фракция аллювия которой характеризуется диопсидовой минеральной ассоциацией. Зерна гематита привнесены северными притоками, особенно Вишерой и Чусовой. Отсюда же привносились и амфиболы. Гранат и ставролит поступали в аллювий р. Камы за счет размыва флювиогляциальных среднечетвертичных отложений, размываемых на севере Прикамья, а также юрских отложений.

Изменение минерального состава по возрастным комплексам четвертичных отложений объясняется различным влиянием основных источников питания. В частности, высокая доля гематита в осадках III надпойменной террасы отражает повышенную роль северного сноса в этот отрезок геологического времени. Кстати, в предшествующую эпоху раннего плейстоцена р. Кама текла в меридиональном направлении вдоль Уральского хребта, чем определено обилие

гематита, обломков пород, сростков минеральных зерен, гидрогетита, ильменита в составе тяжелой фракции ее осадков.

В эпоху формирования II надпойменной террасы усилилась эрозия комплексов основных магматических пород в пределах долины р. Чусовой, что привело к поступлению в долину р. Камы большого количества пироксенов, особенно диопсида. Одновременно в большом количестве стали поступать с севера такие минералы, как гранаты, ставролит и дистен.

Работы по уточнению морфологической структуры показали, что если принять за основу ее расчленения данные минерального состава осадков, то границу между II и III надпойменными террасами следует провести между скважинами 1 и 2, а также между скважинами 12 и 13. Таким образом, гипсометрическая отметка границ II и III террасы соответствует примерно 113.5 м.

3.3.3. Грунты и их экологическое состояние

Для уточнения геолого-литологического строения верхней части аллювиальной толщи и гидрогеологических условий участка пробурено 19 скважин, которые распределены по площади с учетом различных морфологических структурных условий (отобраны грунты всех камских террас в пределах лесопарковой зоны). Результаты анализов показали, что на исследуемой территории отмечены песчанистые грунты, представленные песком средней крупности и мелким, супесями песчаными, также суглинки легкие и тяжелые песчанистые. Наиболее часто встречается в разрезах песок мелкий. Вскрытая мощность песков мелких составляет 1.4—5.5 м, супесей — 0.5—6.9 м, суглинков легких — 0.5—1.9 м и суглинков тяжелых 0.4 м (только в скважине 2). Результаты лабораторных исследований грунтов приведены в табл. 3.19.

Объемная влажность грунтов изменяется немного — от 0.059 до 0.304, ее среднее значение — 0.196.

Коэффициент фильтрации различен и зависит от гранулометрического состава породы. В песках средней крупности (скважина 10) он достигает 4.62 м/сут, в мелких песках — от 0.75 до 3.04 м/сут со средним значением 2.02 м/сут. В супесях коэффициент фильтрации колеблется от 0.32 до 1.34 м/сут.

По показателю текучести глинистые грунты имеют следующие консистенции:

- супеси — твердая, пластичная, текучая;
- суглинки легкие — полутвердая, тугопластичная, текучая;
- суглинки тяжелые — тугопластичная.

Углы естественного откоса для песков средней крупности составляют 34° в сухом состоянии и 31° под водой. Для мелких песков угол колеблется в интервале 30—32° в сухом состоянии и 28—30° под водой. Гранулометрический состав грунтов различен. Наибольшее содержание отмечено для фракции размером 0.25—0.10 мм во всех грунтах (кроме скважины 10) — от 28.10 до 77.15 %, среднее содержание этой фракции 55.41 %. В супесях содержание глинистой фракции от 6.23 до 9.53 % (в среднем 7.88 %); в легких суглинках ее содержание 12.85—19.85 % (в среднем 15.33 %); в тяжелых суглинках — составляет 26.20 %. Результаты анализа водных вытяжек грунтов приведены в табл. 3.20.

Грунты исследуемой территории характеризуются преимущественно гидрокарбонатным кальциевым, натриевым и кальциево-натриевым составом. Содержание сульфат-иона в составе водорастворимых солей изменяется в основном в пределах 24—39 мг/кг, аммония — 2.0—26.3 мг/кг, нитратов — 2.5—26.0 мг/кг, нитритов — 0—4.3 мг/кг. Максимальное содержание нитратов (26.6 мг/кг) и нитритов (4.32 мг/кг) зафиксировано в супесях скважины, расположенной на берегу ручья Костянка. Значение pH водных вытяжек грунтов территории колеблется в пределах 5.93—7.14 с преобладанием значений, соответствующих слабокислой среде (5.0—6.5).

Микрокомпонентный состав грунтов характеризует табл. 3.21, где приведено валовое содержание 40 различных микроэлементов в миллиграммах на 1 кг сухого грунта в 15 пробах, отобранных в ноябре—декабре 2008 г.

Нормативов по допустимому содержанию микроэлементов нет, поэтому полученные результаты сопоставлены с имеющимися ПДК для почв и с кларками горных пород для Урала [Вострокнутов, 1991]. Такое сопоставление, несмотря на условность, позволяет выделить проблемы экологического состояния грунтов исследуемой территории. ПДК и кларки в настоящее время определены для немногих микроэлементов. Однако полученные на данном этапе результаты по содержанию микроэлементов дают важный фактический материал для дальнейшего анализа изменения экологической обстановки.

Сопоставление результатов валового содержания микроэлементов в грунтах с ПДК для почв показывает, что на всей территории лесопарка повышено содержание никеля, бария и стронция. Местами превышены кларки по никелю, хрому, ванадию и свинцу.

3.3.4. Характеристика грунтовых вод

Глубина залегания грунтовых вод обычно определяется следующим:

- рельефом поверхности;
- количеством осадков и временем их выпадения;
- проницаемостью пород, слагающих зону аэрации;
- уровнем воды в водотоке, дренирующем грунтовые воды;
- характеромстилающей поверхности.

Поверхность грунтовых вод, как правило, повторяет формы рельефа, несколько сглаживая их. Проницаемые породы (пески, супеси) позволяют поверхностным водам легко проникать в глубь массива. Для участков, находящихся поблизости от водоема, колебания уровня грунтовых вод могут зависеть от изменения уровня воды в нем.

Влияние лесов на залегание грунтовых вод довольно сложно. Во-первых, не все количество выпавших над лесом осадков достигает почвы, часть испаряется с деревьев (в хвойном лесу — около 3 %). Во-вторых, лесная подстилка, впитывая воду, не дает ей стекать в водотоки и, с одной стороны, благоприятствует инфильтрации, но с другой — она, задерживая влагу, расходует ее путем испарения.

Территория Черняевского лесопарка характеризуется достаточно высокой проницаемостью пород, высокой залесенностью, относительно большим перепадом высотных отметок (от 95 до 126 м), немногочисленными водотоками и

ТАБЛИ

Физические свойства грунтов территории

Номер скважины	Глубина отбора проб, м	Влажность			Число пластичности	Показатель текучести	Коэффициент фильтрации, м/сут	Угол естественного откоса, °	
		природная	на границе текучести	на границе раскатывания				сухого берега	берега под водой
1	—	0.059	—	—	—	—	0.75	31	29
9	—	0.304	0.193	0.174	0.019	> 1	0.48	—	—
10	—	0.071	—	—	—	—	4.62	34	31
11	—	0.176	0.217	0.180	0.037	< 0	0.33	—	—
16	—	0.124	—	—	—	—	1.22	32	30
17	—	0.164	0.227	0.167	0.060	< 0	—	—	—
18	—	0.163	0.192	0.179	0.013	< 0	—	—	—
19	—	0.154	0.217	0.146	0.071	0.013	—	—	—
с-4	2.8	0.222	0.210	0.147	0.063	> 1	—	—	—
4	3.5	0.179	0.245	0.142	0.103	0.359	—	—	—
3	3.0	0.201	0.186	0.163	0.023	> 1	0.35	—	—
7	1.6	0.262	—	—	—	—	2.99	32	30
8	1.5	0.132	—	—	—	—	3.04	30	29
6	1.5	0.277	—	—	—	—	1.71	32	30
5	1.6	0.217	—	—	—	—	1.50	31	30
15	1.6	0.247	—	—	—	—	2.86	31	29
14	1.5	0.210	—	—	—	—	2.77	31	30
13	1.5	0.246	—	—	—	—	1.32	30	28
12	1.2	0.194	0.193	0.168	0.025	> 1	1.34	—	—
12	1.8	0.255	0.236	0.145	0.091	> 1	—	—	—
2	1.5	0.207	0.212	0.181	0.031	0.839	—	—	—
2	3.0	0.238	0.320	0.176	0.144	0.431	—	—	—

ЦА 3.19

Черняевского лесопарка (2008—2009 гг.)

Гранулометрический состав											Номенклатура грунта
гравий			песок				пыль		глина		
> 10	10—5	5—2	2—1	1.0—0.5	0.5—0.25	0.10—0.25	0.10—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	< 0.005	
—	—	—	0.00	0.30	6.55	77.15	3.18	8.22	4.60	0.00	Песок мелкий
—	1.19	3.60	0.77	2.40	27.00	40.01	2.70	10.38	4.48	7.47	Супесь песчаная текучая
—	—	—	0.32	2.90	51.85	42.11	2.82	0.00	0.00	0.00	Песок средней крупности
—	—	—	0.06	0.65	13.53	62.76	2.36	7.51	4.87	8.26	Супесь песчаная твердая
—	—	—	0.00	0.40	12.45	70.95	4.99	4.81	6.40	0.00	Песок мелкий
—	—	—	0.17	0.47	16.47	55.33	3.63	10.19	4.24	9.50	Супесь песчаная твердая
—	—	—	0.38	0.64	23.76	59.55	0.79	4.65	2.79	7.44	То же
—	—	—	0.194	1.10	20.21	45.74	6.87	6.64	4.22	13.28	Суглинок легкий песчанистый полутвердый
—	—	—	0.00	0.55	10.90	49.60	7.98	17.47	3.97	9.53	Супесь песчаная текучая
—	—	—	0.00	0.15	6.30	29.05	15.27	23.82	5.56	19.85	Суглинок легкий песчанистый тугопластичный
—	—	—	0.00	0.85	19.03	53.15	7.36	9.26	4.12	6.23	Супесь песчаная текучая
—	—	—	0.00	1.70	32.60	58.50	7.20	0.00	0.00	0.00	Песок мелкий
—	—	—	0.00	0.80	28.88	67.25	3.07	0.00	0.00	0.00	» »
—	—	—	0.00	1.00	29.10	65.45	4.45	0.00	0.00	0.00	» »
—	—	—	0.00	0.35	19.30	70.20	10.15	0.00	0.00	0.00	» »
—	—	—	0.00	1.00	38.05	55.75	5.20	0.00	0.00	0.00	» »
—	—	—	0.00	0.60	27.80	68.30	3.30	0.00	0.00	0.00	» »
—	—	—	0.00	1.35	26.00	65.55	7.10	0.00	0.00	0.00	» »
—	—	—	0.00	1.95	20.20	58.70	3.71	6.32	2.59	6.53	Супесь песчаная текучая
—	—	—	0.00	1.10	14.35	36.90	16.68	12.56	5.56	12.85	Суглинок легкий песчанистый текучий
—	—	—	0.00	0.45	16.75	59.00	1.57	9.53	4.58	8.12	Супесь песчаная пластичная
—	—	—	0.00	0.35	9.50	28.10	8.85	16.68	10.32	26.20	Суглинок тяжелый песчанистый тугопластичный

ТАБЛИ

Химический состав водных вытяжек грунтов из скважин,

Номер скважины (пробы)	рН	Содержание ионов, мг/кг						
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺
1 (1)	6.04	183.1	24.4	28.8	10.00	н. о.	20.0	н. о.
2 (1)	5.95	244.3	24.4	46.3	7.00	То же	30.0	3.6
3 (1)	6.08	183.1	24.4	92.6	7.50	» »	50.1	6.1
4 (1)	6.81	305.1	24.4	37.0	2.50	» »	50.1	0.0
5 (1)	6.36	244.1	39.0	34.2	4.00	» »	55.1	3.0
6 (1)	5.96	183.1	194.9	47.8	6.00	» »	60.1	12.2
7 (1)	6.20	183.1	24.0	34.2	8.00	» »	40.1	6.1
8 (1)	5.52	122.0	28.8	41.0	6.00	» »	60.1	12.2
9 (1)	6.68	335.6	34.1	41.0	26.50	4.32	100.2	12.2
10 (2)	5.93	122.0	24.0	27.3	13.50	н. о.	30.1	6.1
11 (2)	7.14	488.1	24.0	34.2	18.50	2.70	120.2	6.1
12 (1)	6.25	183.1	24.0	41.0	17.00	н. о.	40.1	6.1
13 (1)	6.50	244.1	24.0	41.0	5.00	0.20	80.2	6.1
14 (1)	6.89	305.1	28.8	41.0	7.00	0.60	80.2	6.1
15 (1)	6.85	366.4	34.1	41.0	12.50	1.10	90.2	6.1
17 (2)	6.85	170.8	н. о.	27.3	10.00	н. о.	30.1	4.9
19 (1)	5.95	183.1	24.0	34.2	6.00	То же	22.0	6.1

Примечание: н. о. — не определено.

дреной вдоль западной границы. Эти факторы определили специфику структуры потока грунтовых вод, которая здесь имеет не совсем типичную картину. Для уточнения гидродинамической характеристики грунтовых вод территории Черняевского лесопарка построены следующие карты:

- гидроизогипс,
- глубин залегания,
- зон превышения уровня (статического) грунтовых вод относительно поверхности рельефа,
- участков с близким залеганием грунтовых вод от поверхности.

Уточнение структуры потока. Карта *гидроизогипс* с сечением 1 м (рис. 3.14) позволяет определить основное направление движения грунтовых вод исследуемого участка, выявить области их питания и разгрузки. Она показывает, что структура поверхности грунтовых вод практически не зависит от расчлененности рельефа, как это бывает в большинстве случаев, а равномерна по всей территории. Это, скорее всего, обусловлено тем, что, несмотря на неоднородное строение аллювиальных отложений, интегральная проницаемость массива примерно одинакова.

Понижения рельефа в центральной части лесопарка и повышения в западной части практически не сказываются на общем направлении движения грунтовых вод. Около зоны разгрузки (нижнее течение р. Мулянки, ее приустьевая

ЦА 3.20

пробуренных в Черняевском лесопарке (ноябрь—декабрь 2008 г.)

$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	NH_4^+	$\text{Fe}_{\text{общ.}}$	Общая минерализация, мг/кг	Сухой остаток, мг/кг	Жесткость общая, мг-экв./кг	Гидрохимическая фация
45.0	20.4	11.40	463.1	450.0	1.00	$\text{HCO}_3^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$
77.5	13.0	0.80	446.9	330.0	1.80	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$
25.0	26.3	1.40	452.5	450.0	3.00	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+}$
85.0	7.0	1.00	512.1	450.0	2.50	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+$
55.0	11.0	2.40	447.8	360.0	3.00	$\text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
90.0	14.0	2.00	610.0	520.0	4.00	$\text{SO}_4^{2-} - \text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$
35.0	10.6	2.40	343.5	250.0	2.50	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
	10.6	2.40	283.1	220.0	4.00	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+}$
27.5	9.2	5.40	596.0	1230.0	6.00	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
27.5	4.6	1.20	256.3	500.0	2.00	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
67.5	9.7	2.80	773.8	760.0	6.50	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
52.5	2.8	4.00	370.6	550.0	2.50	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$
27.5	3.3	н. о.	431.4	840.0	4.50	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
52.5	2.0	2.80	526.1	700.0	4.50	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
70.0	2.4	3.80	627.6	830.0	5.00	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+$
32.5	8.8	1.20	285.6	670.0	1.90	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$
62.5	7.5	1.40	346.8	770.0	1.60	$\text{HCO}_3^- - \text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+}$

часть) уклон поверхности грунтовых вод снижается. Области их питания находятся и на территории лесопарка, и за пределами исследуемой территории в мкр. Балатово, а основная область разгрузки — в долине р. Мулянки за пределами Черняевского лесопарка. Однако локальные участки разгрузки грунтовых вод есть и в пределах исследуемой территории.

Глубина залегания грунтовых вод и процессы заболачивания. Карта глубин залегания грунтовых вод показывает (рис. 3.15), что, несмотря на довольно равномерно наклоненную поверхность грунтового потока, глубина залегания грунтовых вод различна. Анализ распределения глубин показал, что в этом случае основной определяющий фактор — топографический. Так, наиболее обширный по площади участок, где грунтовые воды залегают близко к поверхности, приурочен к понижению рельефа в центральной части исследуемой территории. Здесь отмечены процессы заболачивания, обусловленные двумя факторами:

- 1) выходом грунтовых вод на поверхность,
- 2) плохими условиями стока.

Близкое залегание к земной поверхности грунтовых вод отмечено в пределах I надпойменной террасы р. Камы на правом берегу долины р. Мулянки (западная часть исследуемой территории). Строительство дороги изменило поверхностный сток, в результате чего получили развитие процессы заболачивания.

ТАБЛИ

Валовое содержание микроэлементов

Микро- элемент	Номер сква							
	2	3	4	5	6	7	8	10
	Номер про							
	1	1	1	1	1	1	1	2
Li	20.4	20.3	18.5	22.0	20.3	18.8	18.3	17.5
Be	0.778	0.759	0.699	0.811	0.679	0.682	0.523	0.660
Sc	4.2	5.2	3.7	4.3	4.3	3.6	3.6	3.6
Ti	1690	1751	1336	1754	1551	1384	1322	1571
V	47.4	45.7	39.5	50.0	40.2	37.7	32.9	36.7
Cr	31.2	26.5	19.9	27.7	22.4	19.9	18.0	20.3
Co	6.4	5.1	4.9	7.3	4.5	4.0	3.0	4.0
Ni	21.0	16.9	16.1	21.2	17.3	14.3	11.2	13.8
Cu	15.7	17.8	14.9	17.1	14.4	13.0	10.2	13.5
Zn	32.3	24.9	23.2	28.9	22.7	19.4	20.6	26.5
Ga	6.4	6.0	5.4	6.9	6.1	5.4	5.7	5.0
Rb	24.9	24.7	21.8	27.7	23.1	22.7	22.5	20.4
Sr	187.8	175.1	151.9	196.3	184.6	157.7	130.8	133.1
Y	4.1	5.0	4.1	4.3	3.6	3.4	3.2	3.4
Zr	26.5	28.4	28.4	28.9	25.7	22.2	22.6	21.0
Nb	2.5	2.4	1.9	2.7	2.1	2.2	2.0	2.6
Mo	0.188	0.231	0.170	0.260	0.204	0.164	0.143	0.163
Sb	0.442	0.424	0.370	0.458	0.406	0.428	0.349	0.601
Cs	0.634	0.619	0.548	0.678	0.587	0.581	0.666	0.522
Ba	267.3	243.4	221.6	273.6	232.7	226.6	225.1	218.7
La	5.5	6.1	6.2	6.1	5.1	4.8	4.9	5.1
Ce	12.3	13.3	12.7	12.4	10.0	9.8	9.5	9.9
Pr	1.3	1.5	1.5	1.4	1.1	1.1	1.2	1.1
Nd	5.0	5.8	5.6	5.3	4.2	4.1	4.3	4.5
Sm	0.893	1.114	1.033	0.953	0.746	0.777	0.781	0.797
Eu	0.252	0.300	0.280	0.268	0.227	0.218	0.228	0.218
Gd	0.777	0.988	0.869	0.872	0.638	0.637	0.661	0.722
Tb	0.113	0.145	0.124	0.121	0.099	0.092	0.092	0.099
Dv	0.750	0.938	0.811	0.802	0.663	0.626	0.607	0.644
Ho	0.153	0.189	0.159	0.163	0.141	0.125	0.127	0.132
Er	0.446	0.526	0.419	0.468	0.397	0.350	0.332	0.370
Tm	0.067	0.078	0.062	0.073	0.060	0.055	0.053	0.057
Yb	0.434	0.524	0.406	0.473	0.419	0.369	0.359	0.368
Lu	0.066	0.079	0.065	0.073	0.064	0.057	0.056	0.057
Hf	0.727	0.822	0.660	0.779	0.715	0.617	0.628	0.605
Ta	0.310	0.292	0.250	0.362	0.274	0.251	0.266	0.304
Pb	6.802	6.147	5.271	7.298	6.001	5.395	5.332	5.444
Bi	0.024	0.025	0.016	0.030	0.026	0.020	0.019	0.017
Th	1.67	1.67	1.57	1.75	1.62	1.40	1.28	1.54
U	0.640	0.647	0.594	0.684	0.608	0.548	0.529	0.574

Примечание: Жирным шрифтом выделено максимальное содержание микроэлементов.

ЦА 3.21

в грунтах Черняевского лесопарка, мг/кг

жины							ПДК для почв	Кларк для Урала
11	12	13	14	15	16	17		
бы								
2	1	1	1	1	2	2		
27.4	22.5	18.7	19.1	20.0	23.5	32.3	Нет	Нет
1.110	0.772	0.683	0.708	0.703	0.927	1.229	»	»
7.3	4.6	4.1	4.0	4.2	5.9	8.3	»	»
2454	1608	1300	1254	1528	2055	3021	5000	»
86.3	45.3	37.7	38.0	43.1	74.1	96.9	100	80
50.8	23.8	20.5	19.2	22.1	33.6	55.1	100	30
9.7	6.8	4.4	6.7	4.8	8.4	10.5	Нет	10
42.6	21.4	13.7	14.5	13.2	25.7	57.3	8.5	20
28.6	18.2	14.2	13.3	12.8	19.8	22.6	55	55
51.1	28.3	31.4	30.6	33.2	30.2	39.7	100	60
9.0	6.0	5.1	5.4	5.8	7.8	9.6	Нет	Нет
35.3	25.5	22.6	23.8	21.5	31.5	45.4	»	»
214.0	176.3	145.1	164.9	175.5	218.3	187.6	»	150
7.3	7.1	4.1	4.2	4.6	5.0	6.7	»	Нет
38.2	27.6	23.5	22.0	23.2	33.8	42.9	»	»
3.8	2.4	2.0	1.7	3.2	2.9	5.1	»	»
0.333	0.381	0.170	0.262	0.176	0.258	0.474	»	1
0.609	0.363	0.391	0.273	0.341	0.425	0.593	»	4.5
1.125	0.653	0.641	0.566	0.629	0.867	1.475	»	Нет
300.5	295.0	254.7	376.3	249.0	348.5	352.8	»	150
9.6	7.9	5.5	5.8	6.4	7.2	9.8	»	Нет
20.6	18.2	11.2	12.7	12.8	18.3	22.7	»	»
2.3	2.1	1.3	1.4	1.5	1.6	2.3	»	»
9.3	8.5	5.2	5.7	5.9	6.2	9.1	»	»
1.748	1.631	0.955	1.070	1.121	1.142	1.628	»	»
0.455	0.425	0.256	0.283	0.295	0.314	0.390	»	»
1.508	1.460	0.823	0.973	0.938	0.993	1.348	»	»
0.213	0.209	0.117	0.135	0.134	0.144	0.190	»	»
1.381	1.281	0.761	0.816	0.845	0.963	1.296	»	»
0.275	0.257	0.155	0.162	0.174	0.194	0.260	»	»
0.771	0.706	0.431	0.440	0.462	0.537	0.708	»	»
0.115	0.105	0.066	0.066	0.070	0.082	0.107	»	»
0.719	0.672	0.412	0.439	0.462	0.569	0.751	»	»
0.109	0.102	0.065	0.066	0.072	0.085	0.110	»	»
1.035	0.732	0.642	0.600	0.636	0.903	1.181	»	»
0.489	0.296	0.256	0.228	0.359	0.369	0.666	»	»
13.833	5.693	9.330	5.341	5.958	7.212	10.535	30	10
0.119	0.026	0.031	0.017	0.020	0.039	0.086	Нет	Нет
2.81	1.88	1.59	1.45	1.54	2.15	3.46	»	»
0.870	1.782	1.365	0.596	1.526	0.751	0.924	»	»

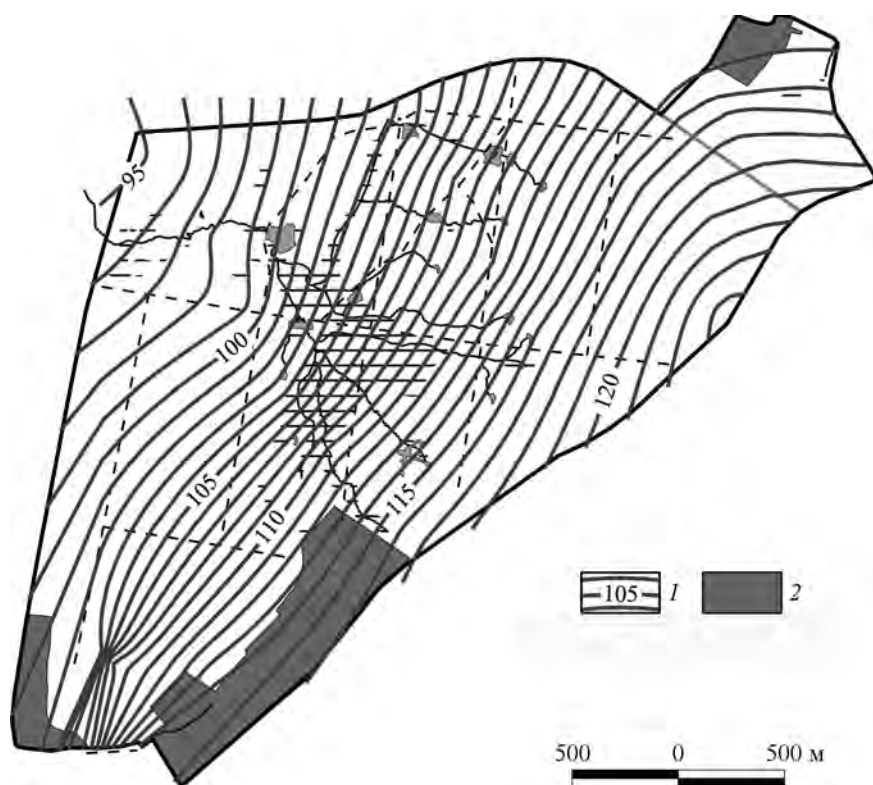


Рис. 3.14. Поле гидроизогипс Черняевского лесопарка (май 2009 г.).

1 — гидроизогипсы, см; 2 — застроенные территории; остальные усл. обозн. см. на рис. 3.13.

По мере возрастания отметок поверхности земли глубина залегания грунтовых вод увеличивается. В слегка повышенной восточной и северо-восточной части лесопарка она составляет 2—4 м; в западной части, где рельеф заметно повышается в форме хребта, глубина залегания грунтовых вод 4—11 м. На участках, где водоносные отложения перекрыты менее проницаемыми породами, грунтовые воды приобретают местный напор, о чем говорит разница между динамическим и статическим уровнями, по данным бурения достигающая 0,5 м.

Уровень грунтовых вод подвержен сезонным колебаниям. Для составления карты зон превышения уровней грунтовых вод относительно поверхности земли использованы наиболее характерные уровни в скважинах — минимальный (конец мая 2009 г.) и максимальный (август 2009 г.) (рис. 3.16). Сопоставление этих уровней с абсолютными отметками поверхности позволило выделить участки, практически постоянно переувлажняемые за счет поступления грунтовых вод на поверхность земли, и участки, переувлажняемые периодически. В пределах исследуемой территории отмечено несколько зон выходов грунтовых вод на поверхность:

- наиболее обширная приурочена к центральной части,
- большая зона расположена вдоль правобережной части долины р. Мулянки,
- две небольшие зоны находятся в северной и северо-восточной частях парка.

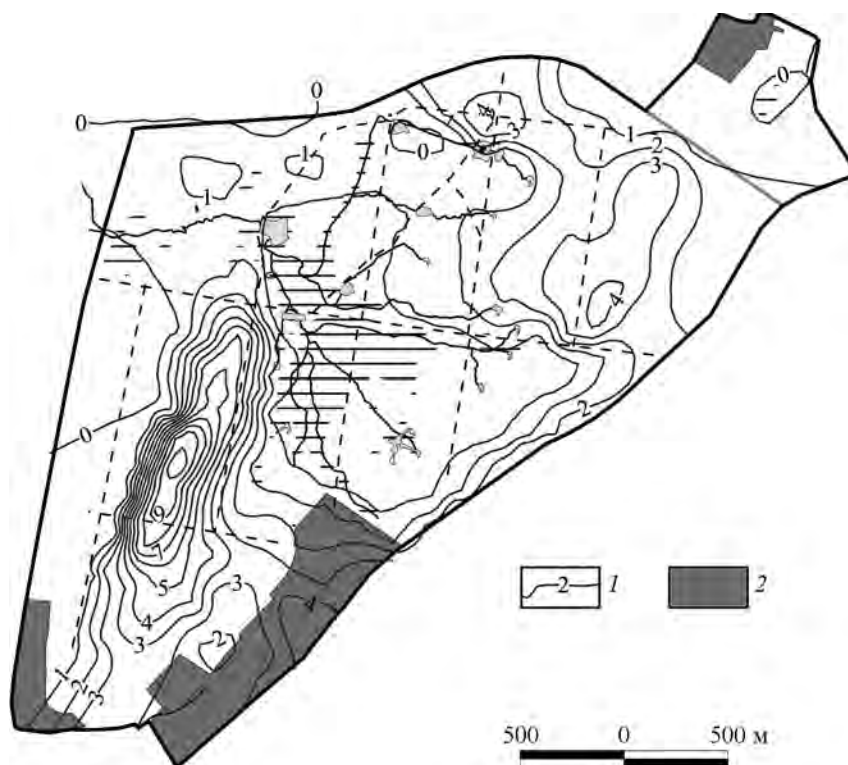


Рис. 3.15. Глубины залегания грунтовых вод.

1 — уровень грунтовых вод, м; 2 — застроенные территории; остальные усл. обозн. см. на рис. 3.13.

Суммарная площадь зон, где грунтовые воды выходят на поверхность земли практически постоянно, даже в засушливые периоды, приблизительно равна 1.1 км². В периоды дождей и таяния снега площади этих переувлажненных участков расширяются, а также формируются новые небольшие локальные очаги, приуроченные обычно к долинам временных водотоков и другим понижениям рельефа. Несмотря на небольшие размеры этих очагов, в их пределах грунтовые воды при определенных климатических условиях могут поступать на поверхность.

Суммарная площадь сезонно переувлажненных земель (по максимальному уровню грунтовых вод) приблизительно составляет 1.6 км². Сопоставление площадей постоянно (1.1 км²) и сезонно переувлажненных земель (1.6 км²) показало, что во влажные периоды года площадь переувлажненных земель увеличивается незначительно (на 6 %).

Высокое стояние уровня грунтовых вод выражается в переувлажнении, заболачивании земель, что влияет на растительность. Заглубленные инженерные сооружения здесь будут постоянно подтоплены. На участках близкого залегания грунтовых вод к поверхности земли даже незначительные изменения рельефа могут привести к нарушению поверхностного стока, повышению уровня грунтовых вод, заболачиванию.

Значительная часть Черняевского лесопарка характеризуется довольно небольшой глубиной залегания грунтовых вод. Переувлажнение грунтов может

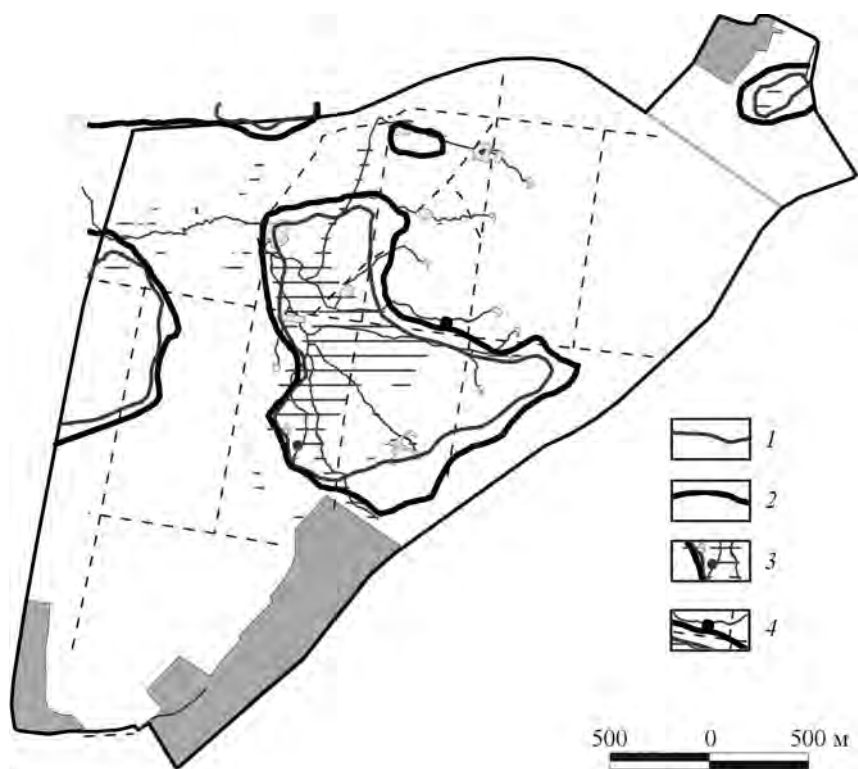


Рис. 3.16. Зоны превышений уровня грунтовых вод над рельефом.

1 и 2 — границы постоянно и периодически переувлажняемых участков соответственно; 3 и 4 — точки минимума и максимума стояния уровня соответственно; остальные усл. обозн. см. на рис. 3.13 и 3.15.

создать серьезные проблемы при строительстве и эксплуатации объектов, отрицательно повлиять на растительный покров. Неблагоприятными процессами, связанными с подъемом уровня грунтовых вод, являются заболачивание и подтопление. По результатам проведения буровых работ и гидродинамических наблюдений построена *карта участков близкого залегания грунтовых вод к поверхности* (рис. 3.17).

С учетом того, что динамика глубин грунтовых вод существенно влияет на характер и состояние растительности, выделены четыре зоны глубин, наиболее важные с ботанической точки зрения:

- I — 0 м — заболачивания,
- II — 0—1 м — подтопления высокой степени,
- III — 1—2 м — подтопления средней степени,
- IV — более 2 м — подтопления низкой степени.

Они несколько отличаются от критериев подтопления для застраиваемых территорий, хотя и близки к ним (табл. 3.22).

В зонах I и II *крайне нежелательна деятельность, в результате которой может быть нарушен поверхностный сток, даже в незначительной степени.* Вмешательство в гидросферу в пределах этих зон неизбежно приведет к перераспределению поверхностного и подземного стока и, как следствие, к забола-

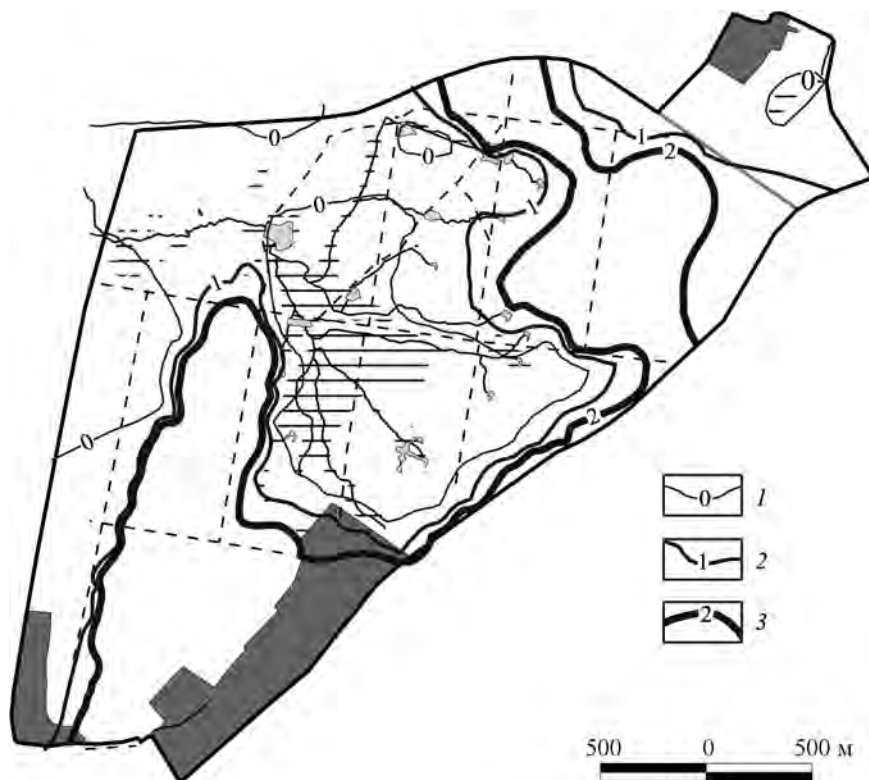


Рис. 3.17. Зоны близкого залегания грунтовых вод к поверхности.

1—3 — глубина залегания грунтовых вод соответственно 0, 1 и 2 м; остальные усл. обозн. см. на рис. 3. 13 и 3.15.

чиванию, подтоплению территории, что крайне нежелательно для растительных сообществ и может негативно сказаться на инженерных сооружениях.

В зоне III хозяйственную деятельность также следует вести ограниченно.

Наиболее благоприятной территорией с точки зрения глубины залегания грунтовых вод является зона IV. Однако в любом случае работы, пусть даже незначительные по объему, следует вести после соответствующих инженерных изысканий и утверждения проекта с учетом гидрогеологических и гидродинамических условий.

ТАБЛИЦА 3.22

Распределение зон с близким залеганием грунтовых вод (и подтоплением) в пределах Черняевского лесопарка

Зона	Степень подтопления	Глубина залегания, м	Площадь зоны, км ²
I	Заболачивание	0	1.65
II	Подтопление высокой степени	1	3.58
III	Подтопление средней степени	2	4.46
IV	Подтопление низкой степени	> 2	3.15

Колебания уровня грунтовых вод. Результаты гидродинамических исследований показывают, что глубину залегания грунтовых вод в пределах I террасы контролирует р. Мулянка, отчасти — ручей Костянка. Эта глубина различна в зависимости от близости и степени влияния водотоков:

- в целом по террасе — 0.4—2.0 м,
- в зимнюю межень — до 3.5 м,
- на отдельных участках — более 5 м.

В южной части II террасы грунтовые воды залегают на глубине 1—2.9 м, не поднимаясь выше 1 м даже весной. В северной части II террасы грунтовые воды залегают близко от поверхности земли (0—1.3 м), что обусловлено расположением здесь обширного заболоченного участка. В периоды дождей грунтовые воды могут подниматься на поверхность земли.

На III террасе глубина залегания грунтовых вод различна (в целом 0.1—3.0 м) и зависит от осадков и гипсометрического положения; на отдельных участках грунтовые воды циркулируют на глубине более 5 м.

Колебания глубины залегания грунтовых вод обусловлены режимом атмосферных осадков и изменением уровня воды в поверхностных водоемах. Следует отметить, что колебания уровня воды в мелких ручьях (Костянка, Светлый, временные водотоки) также определяются режимом атмосферных осадков. Таким образом, глубина залегания грунтовых вод на большей части Черняевского лесопарка зависит от суммы атмосферных осадков. Однако уровень грунтовых вод, циркулирующих вблизи р. Мулянки, практически не зависит от атмосферных вод, а обусловлен уровнем воды в реке.

Минимальная глубина залегания грунтовых вод в течение периода наблюдений в большинстве скважин отмечена в мае 2009 г., что обусловлено мощной подпиткой грунтовых вод (и поверхностных тоже) территории весенним снеготаянием. В ряде скважин пик подъема грунтовых вод пришелся на летние дожди, выпавшие в июне—июле 2009 г. Отсутствие условий для питания грунтовых вод в декабре и засушливые периоды в августе обусловили максимальные глубины грунтовых вод в это время.

Оценка защищенности грунтовых вод. Для всей исследуемой территории произведен расчет естественной защищенности грунтовых вод от поверхностного загрязнения. Расчет выполнен по методике Гольдберга—Газда. В основе качественной оценки защищенности грунтовых вод лежат четыре характеристики зоны аэрации: глубина залегания грунтовых вод; строение и литология отложений; мощность слабопроницаемых отложений в разрезе; фильтрационные свойства пород, и прежде всего слабопроницаемых отложений. Из перечисленных показателей на уровень защищенности наиболее существенно влияют слабопроницаемые отложения, их мощность и фильтрационные свойства.

Результаты расчетов показывают, что в пределах исследуемой территории грунтовые воды повсеместно характеризуются **I категорией условий защищенности**, т. е. имеют **наименьшую защищенность**. Слабая защищенность грунтовых вод (порой и ее отсутствие) обусловлена особенностями строения зоны аэрации, которая имеет небольшую мощность (0—6.0 м) и сложена относительно хорошо проницаемыми отложениями — в основном песком и супесью, реже — суглинком. На части лесопарка уровень грунтовых вод находился на поверхности земли. Слабопроницаемые отложения в разрезе часто отсутст-

вуют или имеют малую мощность (0.1—3.1 м). По данным лабораторных определений, коэффициент фильтрации пород, слагающих зону аэрации, изменяется в пределах 0.3—4.62 м/сут. По данным опытных и экспресс-откачек, он изменяется в пределах 0.03—9.12 м/сут.

Гидрохимические характеристики и загрязнение. Анализ природных условий и техногенной нагрузки, существующей в пределах Черняевского лесопарка, а также на соседних участках, показал, что наиболее подвержены негативному воздействию грунтовые воды. В то же время не исключена вероятность возникновения загрязнения и истощения шешминского водоносного комплекса, в котором сосредоточены основные ресурсы пресных подземных вод исследуемой территории.

В пределах Черняевского лесопарка по данным опробования, проведенного весной 2009 г., обнаружено практически повсеместное загрязнение грунтовых вод фенолом. В летний период содержание фенолов обычно снижается, так как с увеличением температуры увеличивается скорость распада данного вещества.

В грунтовых водах практически всей исследованной территории повышен показатель ХПК, свидетельствующий о высоком содержании органического вещества, на окисление которого потрачено значительное количество кислорода.

В долине ручья Костянка (скважины 8 и 9) в грунтовых водах высоки концентрации ионов NO_2^- , NO_3^- (рис. 3.18), а также NH_4^+ , что, очевидно, связано с развитыми здесь процессами заболачивания.

Содержание всех азотсодержащих компонентов выше ПДК, но среди них наиболее высокие значения отмечены по нитратам, несколько меньшие по нитритам и наименьшие — по аммонии. Распределение концентраций азотсодержащих веществ, полученное в грунтовых водах долины ручья Костянка, свидетельствует о давнем характере азотного загрязнения.

Степень загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами различна: от 1.1 до 29.2 ПДК. Наибольшие концентрации нефтепродуктов зафиксированы в южной части исследуемой территории. Исследование микроэлементного состава грунтовых вод территории Черняевского лесопарка показало, что содержание практически всех микроэлементов во всех пунктах измерения ниже ПДК.

В южной части Черняевского лесопарка выявлен участок интенсивного загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами (скважины 1 и 2). Исходя из направления грунтовых вод, источники загрязнения находятся в пределах городской застройки юго-западнее ипподрома. Помимо нефтепродуктов в грунтовых водах этого участка обнаружены повышенные концентрации аммония (скважина 1), свидетельствующие о свежем азотном загрязнении, железа (скважина 2) и некоторых других показателей.

В центральной части Черняевского лесопарка (скважина 6) зафиксированы повышенные концентрации нефтепродуктов, железа, кобальта, аммония и высокие — фенола. Этот участок удален от внешних источников загрязнения. Пониженное в гипсометрическом отношении положение участка способствует накоплению загрязнителей. Эта особенность нашла отражение на распределении содержания таких компонентов, как кальций, натрий, хлориды, сульфаты, и результирующих показателей — сухой остаток, жесткость. Превышений ПДК по перечисленным показателям не выявлено, но максимальные концентрации оказываются приуроченными к этой части (скважина 6). Участок в центральной ча-

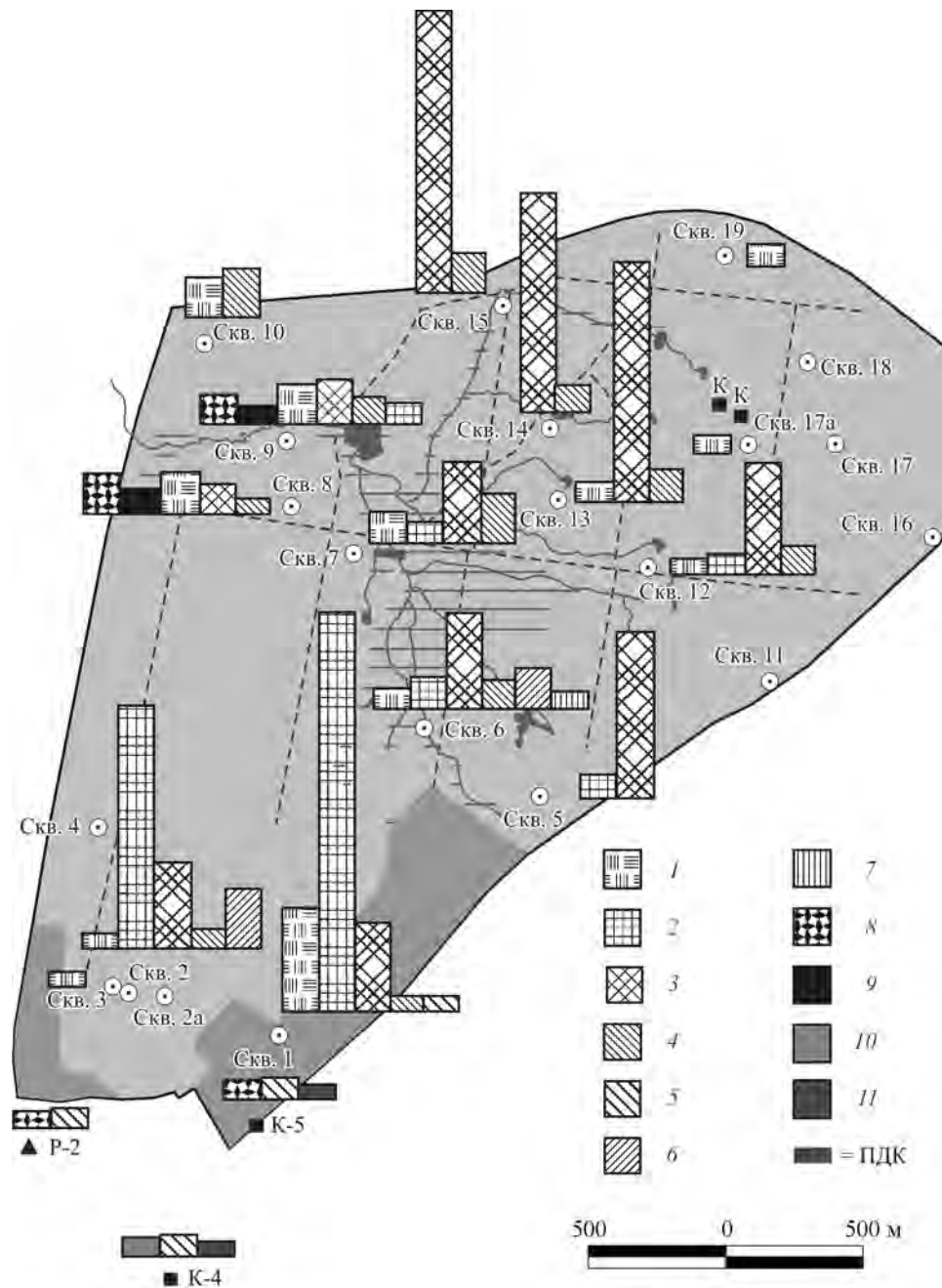


Рис. 3.18. Загрязнение грунтовых вод Черняевского лесопарка (часть парка, где скважины отсутствуют, не показана).

1—11 — вещества, показатели которых превышают норматив: 1 — NH_4^+ , 2 — нефтепродукты, 3 — фенолы, 4 — ХПК, 5 — жесткость, 6 — Fe, 7 — Cr, 8 — NO_3^- , 9 — NO_2^- , 10 — $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, 11 — Co; «Р» и «К» — скважина, родник и колодец соответственно; остальные усл. обозн. см. на рис. 3.13 и 3.15.

сти территории исследований характеризуется повышенной способностью аккумулировать ЗВ.

Повышенное содержание железа характерно для поверхностных и грунтовых вод Пермского края. Распределение железа в грунтовых водах Черняевского лесопарка показало, что загрязнение грунтовых вод этим компонентом имеет локальный характер.

Анализ распределения содержания микроэлементов в грунтовых водах исследуемой территории показал, что при отсутствии превышений ПДК (за исключением $Cr_{общ.}$ в скважине 6) прослеживается приуроченность максимальных концентрации компонентов к трем участкам: южная часть территории (скважины 2 и 1); центральная часть (скважина 6); район скважин 15, 14, 13. Возможно, распределение концентрации микроэлементов в грунтовых водах связано с составом пород. Например, максимальные концентрации титана прослеживаются в скважинах 13 и 14, в которых обнаружены ильменит ($Fe Ti O$) и сфен ($Ca Ti [SiO_4] O$); максимум концентрации циркона ($Zr SiO_4$) — в скважинах 13—15, вскрывших циркон; максимум концентрации хрома — в скважине 6, вскрывшей хромит ($Cr Al Fe)_2 O_4$.

Гидрохимические исследования воды из колодцев, расположенных в границах Черняевского лесопарка, показали, что сухой остаток вод составляет 290—1473 мг/л. Состав вод колодца 5 преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый, колодца 4 — гидрокарбонатно-сульфатный кальциево-натриевый.

Исследования родниковой воды показали наличие пресных вод (сухой остаток 676—682 мг/л), преимущественно гидрокарбонатно-натриевого состава.

Превышения ПДК в воде из колодцев и родника отмечены по нитратам (в 1.2—3.4 раза), натрию (в 1.5 раза) и жесткости (1.2—2.0 раза). Подобные отклонения в химическом составе аллювиальных вод крупного города не редкое явление. Содержание остальных проанализированных компонентов находится в пределах установленных норм.

Влияние перетока подземных вод коренных отложений на состав грунтовых вод. В ходе рекогносцировочного обследования Черняевского лесопарка на территории водозабора «Светлый» обнаружен колодец с люком, из-под которого вытекала чистая на вид вода, образующая ручей, текущий в северо-западном направлении. Сопоставление результатов химического анализа воды из ручья (2009 г.) и подземных вод, извлекаемых каптажными колодцами водозабора «Светлый» (2001—2002 гг.), показало, что в целом, несмотря на разные временные периоды опробования, состав вод аналогичен, в первую очередь по сухому остатку, жесткости, содержанию основных ионов. По гидрохимическим данным (косвенный признак) ручей, вытекающий из колодца на территории водозабора «Светлый», мог сформироваться за счет подземных вод, извлекаемых водозабором.

По данным гидрохимических исследований 2009 г., для грунтовых вод Черняевского лесопарка характерны пониженная жесткость, гидрокарбонатно-кальциевый состав, невысокое содержание сульфатов, повышенное количество азотных соединений. Подземные воды шешминских отложений имеют повышенную жесткость, гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав, невысокие концентрации хлоридов.

Таким образом, гидрохимический состав подземных вод, извлекаемых каптажными колодцами водозабора «Светлый» (как и ручья, формирующегося на территории водозабора), ближе к подземным водам шешминских отложений,

чем к грунтовым водам. Это косвенно подтверждается наличием перетока вод из коренных пород в аллювиальные отложения.

Водозабор работает практически непрерывно с 1908 г. Водосборная площадь грунтовых вод невелика. В последние годы имело место превышение лимита водоотбора. Однако на карте гидроизогипс депрессионная воронка не прослеживается. Отметим также, что грунтовые воды в районе водозабора имеют более низкую температуру. Все это говорит о том, что питание грунтовых вод, вероятно, осуществляется не только за счет инфильтрации атмосферных осадков, но и за счет перетока из нижележащих шешминских отложений, подземные воды которых обладают напором. То есть можно предположить, что каптажными колодцами водозабора «Светлый» эксплуатируются оба горизонта подземных вод.

Оценка загрязнения воды, проводимая по санитарно-бактериологическим показателям, показала, что в пробах воды из колодцев обнаружены признаки недавнего фекального загрязнения воды в точках 1, 2 и 4 (ОКБ, ТБК, БГКП), причем в точке 4 — еще и значительного вирусного загрязнения (коли-фаги). Общее микробное число во всех пробах не превышает допустимых норм. По показателям санитарно-бактериологического исследования только проба воды из точки 3 соответствует гигиеническим требованиям безопасности.

Результаты анализа проб воды из всех точек по санитарно-паразитологическим показателям свидетельствуют об отсутствии загрязнения подземных вод яйцами и личинками гельминтов, патогенными для человека, цистами патогенных простейших, в том числе ооцистами криптоспоридий.

3.3.5. Зонирование территории по условиям ведения инженерной деятельности

Зонирование выполнено с целью выделить участки с различными условиями для проведения инженерных работ по благоустройству лесопарка (рис. 3.19). Оно показывает степень устойчивости территории к возникновению неблагоприятных последствий при выполнении работ. На условия ведения инженерной деятельности влияют следующие факторы:

- близкое залегание грунтовых вод к поверхности земли;
- наличие практически постоянно переувлажненных и переувлажненных периодически (сезонно) участков;
- низкая природная защищенность грунтовых вод от поверхностного загрязнения;
- направление движения грунтовых вод;
- возможность подтока глубинных минерализованных вод в пресноводную зону;
- наличие водозабора грунтовых вод «Светлый» и его области питания.

Среди перечисленных факторов выделим два основных:

1) глубину залегания грунтовых вод, во многом определяющую развитие заболачивания и подтопления. Грунтовые воды Черняевского лесопарка характеризуются близким залеганием к поверхности земли и чутко реагируют даже на небольшие изменения рельефа, вызванные инженерными работами;

2) наличие в пределах лесопарковой зоны водозабора «Светлый».

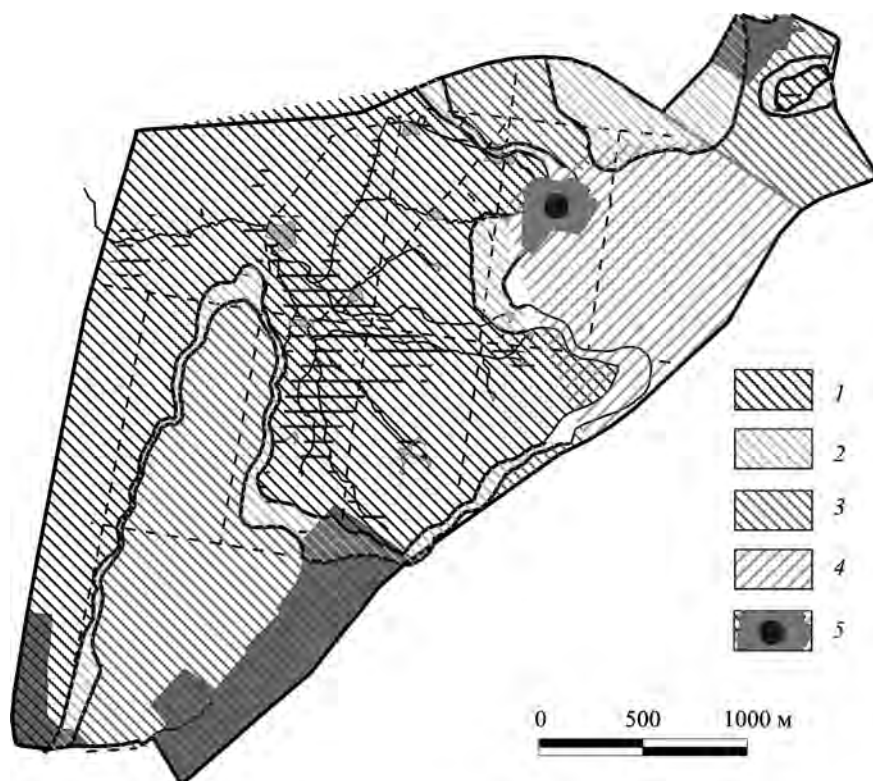


Рис. 3.19. Зонирование территории Черняевского лесопарка по гидрогеологическим условиям.

1—3 — условия выполнения инженерных работ (в скобках — глубина залегания грунтовых вод): 1 — неблагоприятные (0—1 м), 2 — относительно благоприятные (1—2 м), 3 — благоприятные (более 2 м), 4 — область питания водозабора «Светлый», 5 — водозабор «Светлый»; остальные усл. обозн. см. на рис. 3.13 и 3.15.

Анализ природных особенностей и экологической ситуации территории лесопарка показал значительную уязвимость большей части исследуемой территории к ведению инженерной деятельности. Негативные последствия могут быть вызваны в первую очередь работами, связанными со снятием растительного слоя, созданием отрицательных форм рельефа (ям) и препятствий для поверхностного стока, загрязнением подземных вод. Особое место в ограничении инженерной деятельности занимает область питания водозабора «Светлый», являющегося источником водоснабжения г. Перми.

Неблагоприятные инженерно-геологические процессы и прогноз их развития и техногенной активации. Современные геологические и инженерно-геологические процессы и явления на территории Черняевского лесопарка ранее практически не изучались. В ходе маршрутных наблюдений выявлен ряд экзогенных процессов и явлений (рис. 3.20 и 3.21):

— связанных с деятельностью поверхностных вод (речная эрозия — донная и боковая русловая эрозия, плоскостной смыв, струйчатая эрозия);

— связанных с деятельностью поверхностных и подземных вод (подтопление, заболачивание);

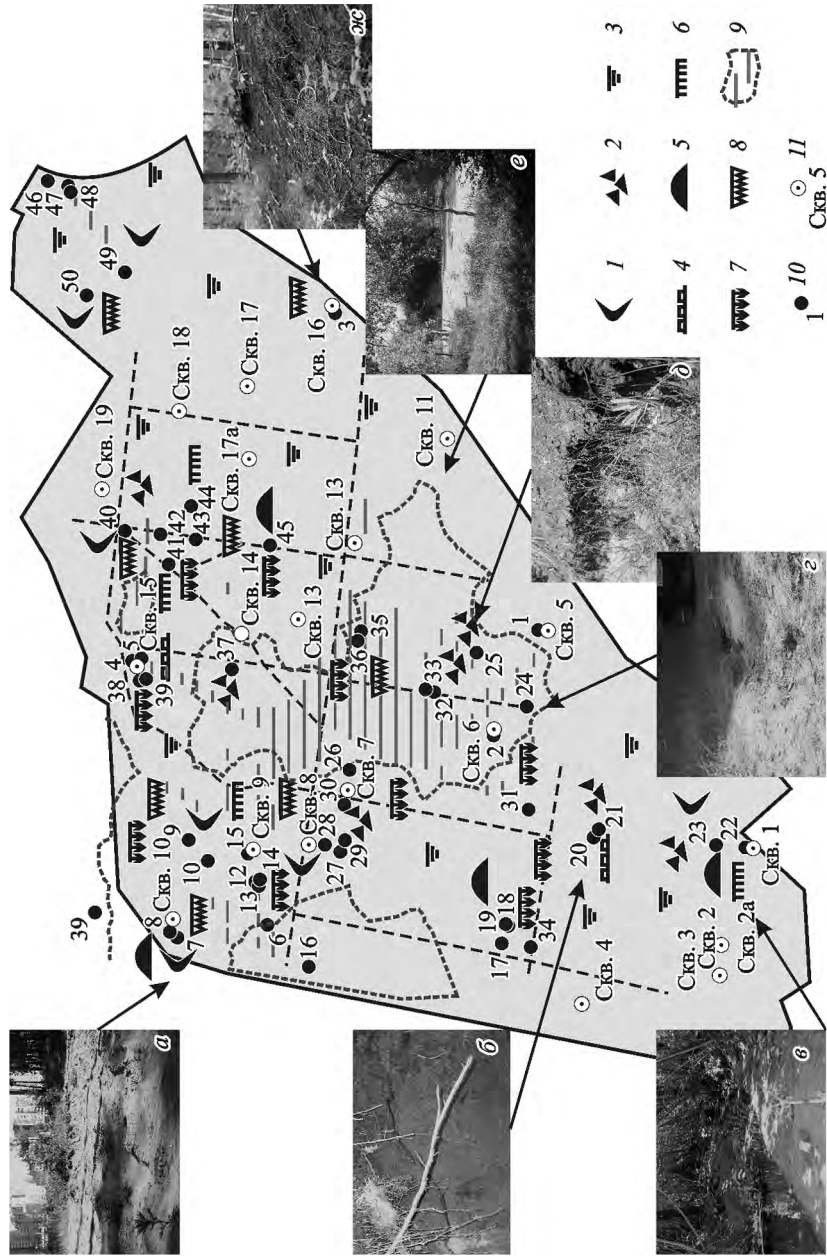


Рис. 3.20. Инженерно-геологические процессы.

1 — эоловые процессы, 2 — осыпи, 3 — подтопление, 4 — трещины бортового отпора, 5 — гипертенный литогенез, 6 — речная эрозия, 7 — струйчатая эрозия, 8 — плоскостной смыв, 9 — заболачивание, 10 — точка наблюдения и ее номер, 11 — скважина и ее номер, а—ж — см. рис. 3.21.

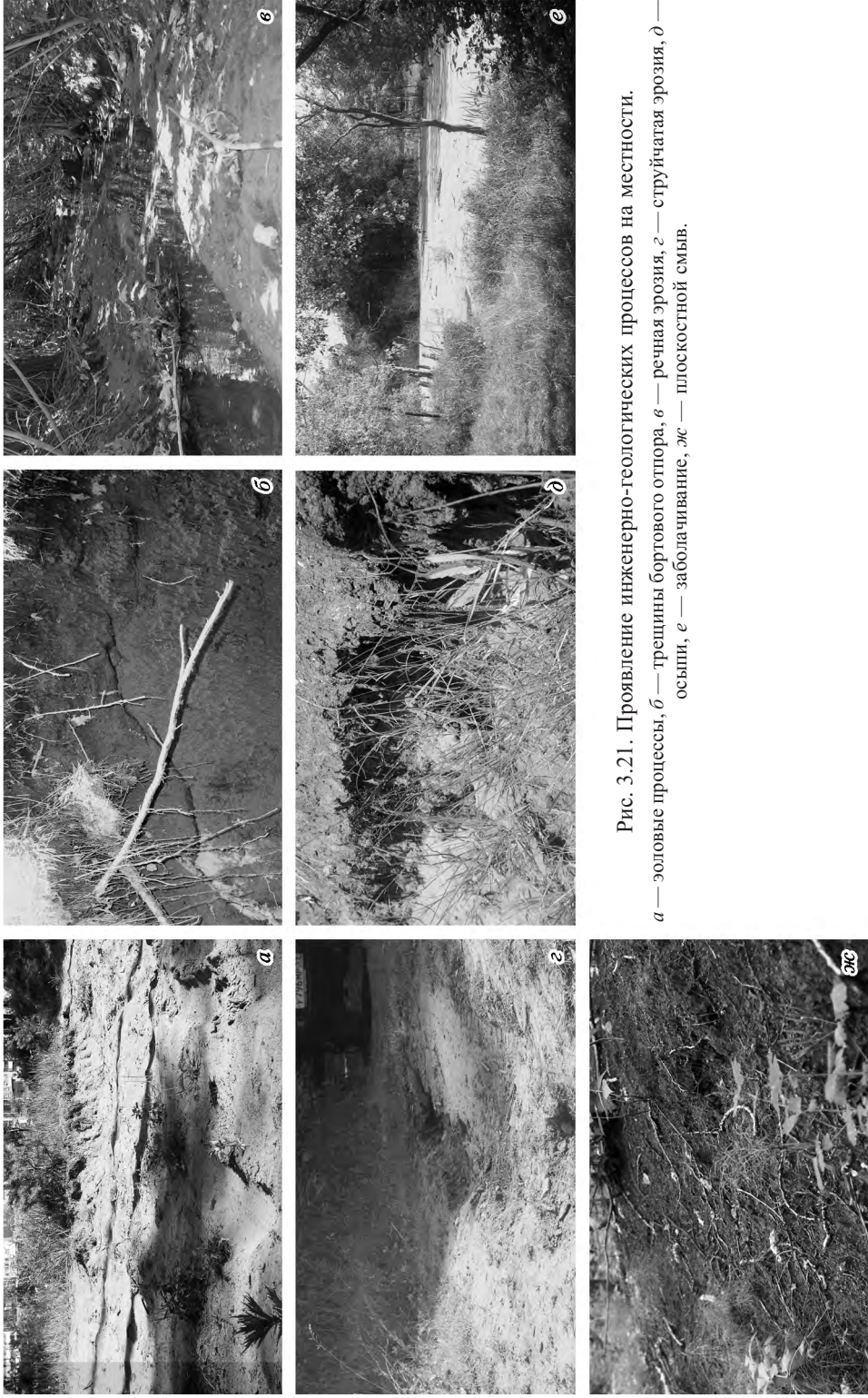


Рис. 3.21. Проявление инженерно-геологических процессов на местности.
a — эоловые процессы, *б* — трещины бортового отпора, *в* — речная эрозия, *г* — струйчатая эрозия, *д* — осыпи, *е* — заболачивание, *жс* — плоскостной смыв.

- гравитационных склоновых процессов (осыпание бортов, образование трещин бортового отпора);
- эоловых процессов (выдувание, или дефляция, развевание и перенос песчаных и пылеватых частиц);
- гипергенного литогенеза (уплотнение насыпных грунтов и продуктов аккумулятивных процессов).

Изучение современных геологических и инженерно-геологических процессов на территории Черняевского лесопарка показало, что большинство из них вызвано или активизировано хозяйственной деятельностью человека.

Уничтожение растительного покрова при строительстве грунтовых дорог, создании спортивных площадок и других объектов приводит к развитию эоловых процессов, усилению плоскостного смыва и струйчатой эрозии. Создание дорог и троп приводит к нарушению поверхностного стока, уплотнению грунтов.

Земляные работы — проходка траншей, канав, котлованов, создание земляных дамб — приводит к развитию эрозионных и гравитационных процессов на обнаженных склонах, нарушению поверхностного стока, способствующему заболачиванию, подтоплению (реже осушению) территории лесопарка.

Создание искусственных водоемов, по данным рекогносцировочного обследования территории, приводит к заболачиванию и подтоплению, а неверно проложенные искусственные каналы для отвода поверхностных вод обуславливают нарушение поверхностного стока, способствующее заболачиванию, подтоплению (реже осушению) территории лесопарка.

3.3.6. Подземные воды и экологическая обстановка

Подземные воды Черняевского лесопарка имеют ряд особенностей, влияющих на современную экологическую обстановку, основными являются следующие:

1) грунтовые воды практически на всей территории не защищены от поверхностного загрязнения, что обусловлено неглубоким их залеганием и высокой проницаемостью пород. В результате в грунтовых водах лесопарковой зоны на ряде участков выявлено повышенное содержание азотсодержащих компонентов: нитратов (2.2—2.9 ПДК), нитритов (1.2—2.3 ПДК), аммония (1.1—7.5 ПДК), загрязнение нефтепродуктами (1.1—29.2 ПДК), повсеместно повышены концентрации фенолов (2.2—20.6 ПДК);

2) питание грунтовых вод, во многом определяющее их экологическое состояние, осуществляется за счет различных источников. Черняевский лесопарк находится в зоне транзита грунтовых вод, область питания которых находится на территории мкр. Балатово, а разгрузка происходит в р. Мулянку. Область питания грунтовых вод расположена на территории городской агломерации, где неизбежно происходит их загрязнение. На территории Черняевского лесопарка питание грунтовых вод в значительной мере происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Это обуславливает попадание в них загрязнителей, накопившихся в снеге и содержащихся в дождевых водах. Особо отметим сток загрязненных талых и дождевых вод с территории мкр. Балатово, которые ввиду отсутствия ливневой канализации переливаются через шоссе Космонавтов и попадают на территорию Черняевского лесопарка. В этой части лесопарка лож-

бины для стока поверхностных вод не выражены и большая часть атмосферных вод поступает в почву;

3) источниками загрязнения грунтовых вод являются многочисленные неорганизованные свалки на территории лесопарка. Инфильтрация осадков и талых вод через них приводит к загрязнению грунтовых вод с труднопредсказуемым спектром компонентов.

По косвенным признакам, в зоне водозабора «Светлый» питание грунтовых вод на некоторых участках происходит, по-видимому, за счет перетоков вод шешминского горизонта, который местами имеет напорный характер. Этот вопрос может иметь принципиальное значение для прогноза изменения качества вод водозабора «Светлый», подтопляемости территории и требует специального изучения.

Структура потока грунтовых вод имеет свои особенности, обуславливающие подтопление и заболачивание территории. Поток грунтовых вод, несмотря на различие состава грунтов и расчлененность рельефа, имеет равномерную структуру и направлен на северо-восток — от шоссе Космонавтов к р. Мулянке. Эта особенность структуры потока приводит к тому, что в понижениях рельефа на территории лесопарка формируются значительные области (1.65 км²), где подземные воды выходят на поверхность, образуя заболоченные участки. Колебания уровня грунтовых вод в этих областях приводят к изменению размеров заболоченных участков. На территории лесопарка существует обширная зона (4.46 км²), где грунтовые воды залегают на глубине менее 2 м. Инженерная деятельность в этой зоне может привести к резкому изменению глубины залегания подземных вод, что крайне негативно скажется на растительном сообществе.

На территории лесопарка отмечены следующие неблагоприятные инженерно-геологические явления: эоловые процессы, усиление плоскостного смыва и струйчатой эрозии, заболачивание и подтопление.

ГЛАВА 4

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

4.1. Растительность

В Черняевском лесопарке сформировались типичные для Прикамского террасного песчаного южно-таежного сосново-елового лесорастительного района кислично-зеленомошные сосновые и еловые насаждения с вкраплениями черничников, брусничников, травяных хвойных и производных смешанных лесов. Имеются сосновые лесные культуры, посадки некоторых лиственных пород.

Наиболее распространена кисличная группа ассоциаций. Кроме того, представлены снытьевая, зеленомошная, зеленомошно-кисличная, зеленомошно-черничная и травяная группы ассоциаций.

Из хвойных формаций наиболее распространены сосняки, кроме того, достаточно часто встречаются ельники. Лиственные леса представлены тополевыми культурами, образованными *Populus balsamifera* L., ольшатниками (чаще зарослями *Alnus incana* (L.) Moench., вдоль асфальтированных дорог внутри парка, где блокируется внутрпочвенный сток и происходит затопление, — ольхой черной, или клейкой, *A. Glutinosa* (L.) Gaertn, березняками (*Betula pendula* Roth, реже *B. pubescens* Ehrh.), осинниками (*Populus tremula* L.).

На территории лесопарка отмечено около 400 видов сосудистых растений, 34 вида мхов, 106 видов агарикоидных базидиомицетов, 32 вида дереворазрушающих и фитопатогенных грибов. А также обнаружено 3 вида растений, имеющих статус нуждающихся в мониторинге численности: *Goodyera repens* R. Br., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Lilium martagon* L. (*Lilium martagon* L. var. *pilosiusculum* Freyn.).

В августе 2008 г. прижизненно (без повреждения растений) изучена возрастная структура ценопопуляций *Goodyera repens* R. Br. и *Pulsatilla patens* (L.) Mill. Численность этих видов и возрастной спектр свидетельствуют об угрозе их исчезновения.

Распределение видов по семействам приведено на рис. 4.1 и отражает зональные особенности флоры Пермского края.

Использование индексов синантропизации растительного покрова при анализе видовой структуры сообществ позволило оценить степень деградации растительного покрова ООПТ «Черняевский лес» [Горчаковский, 1979, 1984]. В целом ее нельзя назвать высокой (рис. 4.2). В некоторых случаях индекс синантропизации доходит до 38 % в березняке снытьевом (*Betula pubescens* Mill.), что соответствует III степени деградации. Средний индекс синантропизации равен 10.8 % (II степень деградации).

Наиболее изменен напочвенный покров лиственных насаждений (тополевых, березовых), ему присвоена III—V степень деградации (рис. 4.3).

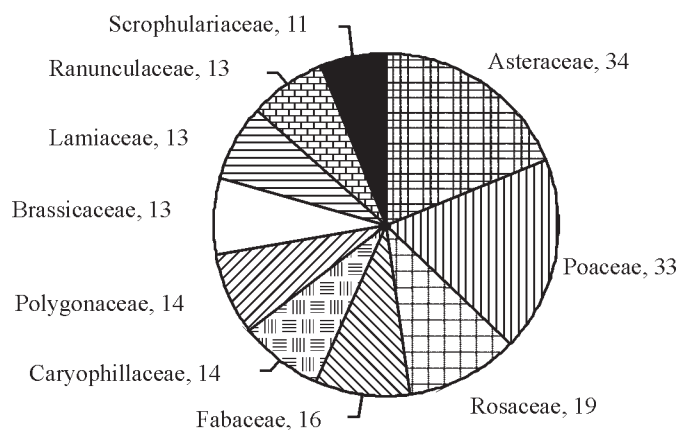


Рис. 4.1. Десять наиболее многочисленных семейств и число видов в них.

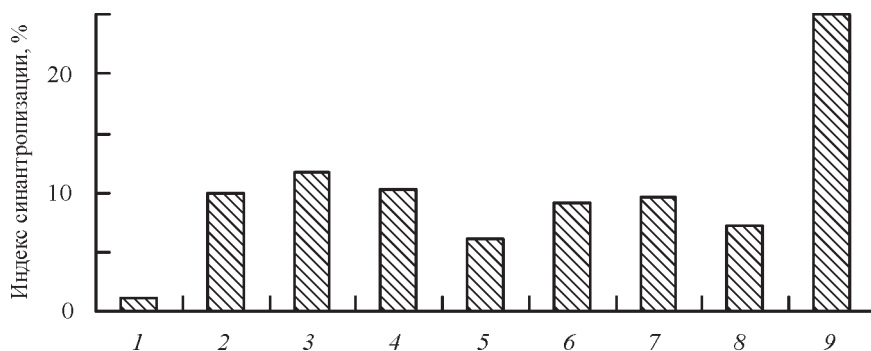


Рис. 4.2. Индекс синантропизации в напочвенном покрове разных растительных ассоциаций.

1 — березняк снытиевый, 2 — ельник кисличный, 3 — ельник снытиевый, 4 — ельник травяной, 5 — ольшатник кисличный, 6 — сосняк зеленомошно-кисличный, 7 — сосняк зеленомошно-черничный, 8 — сосняк зеленомошный, 9 — тополевик.

Хвойные породы, как более сильные эдификаторы,¹ имеют типичный напочвенный покров. Среди хвойных формаций наиболее нарушены сосняки кисличные (I степень деградации).

Несколько другая картина возникает при анализе обилия синантропных видов.² Здесь на первом месте оказываются тополевые культуры вдоль шоссе Космонавтов (квартал 12, выдел 15) и ольшатник кисличный (квартал 12, выдел 10). В ольшатнике, как и в некоторых других местах, чаще вдоль троп, заметны куртины из декоративных растений (например, ириса гибридного и др.).

¹ Эдификатор — вид растений в растительном сообществе, определяющий его особенности, создающий биосреду в экосистеме и играющий важнейшую роль в сложении ее структуры.

² Синантропный вид — тот вид, существование которого прочно связано с человеком или его жильем.



Рис. 4.3. Деградация растительного покрова.
1—5 — I—V степень деградации соответственно.

Причины деградации растительного покрова. Изучение ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной показало, что в условиях Черняевского лесопарка с усилением интенсивности загрязнения воздуха (с удалением от источника выбросов) кроме снижения возраста хвои сосны уменьшаются ее длина, ширина, толщина и масса, уменьшается толщина кутикулы, выявлено закономерное увеличение просвета смоляного канала с возрастом хвои. При химическом анализе тканей сосны (хвои различного возраста, веток, коры, подстилки) изученных элементов в концентрациях, ограничивающих физиологическое состояние тканей сосны обыкновенной, не обнаружено. Концентрация микроэлементов в подстилке лежит в пределах значений, характерных для слабозагрязненных местообитаний.

Санитарное состояние сосновых насаждений. Отсутствие ухода за лесом привело к распространению насекомых-вредителей и заболеваний древесных пород. Плодовые тела афиллофоровых грибов встречаются повсеместно.

Средние категории санитарного состояния *Pinus sylvestris* L. и у *Picea obovata* Ledeb. в разных насаждениях меняются от 2-й до 4-й (санитарное состояние выше 3-й категории свидетельствует о начале распада насаждения).

Немного ниже категории санитарного состояния сосновых насаждений. Во всех типах сосняков в среднем ко 2-й категории санитарного состояния относятся 60—80 %, к 3-й — до 35 % и к 6-й (сухостой) — 2—25 % деревьев. Более 40 % всех стволов в сосняках относятся к группе ослабленных.

Доля сухостоя сосняков в среднем 2.3—26 %. Большая часть березняков имеет малую долю стволов 5-й и 6-й категорий санитарного состояния, доля сухостоя составляет около 5 %. Исключение составляют насаждения в северо-восточной части лесопарка, у которых доля сухостоя колеблется от 16 до 48 %. В ельниках кисличных и травяных доля сухостоя 0.3—7.0 %, около половины всех стволов сильно ослаблены.

Механические повреждения. Данные повреждения связаны с антропогенным воздействием и отмечены во всех типах леса. Наибольшая доля повреждений характерна для березняков травяных и березняков пойменных (соответственно 21.3 и 13.7 %), в сосняках-кисличниках она ниже — 12.9, а в ельниках кисличном и черничном — по 11 %.

Другие виды повреждений классифицированы по следующим группам: морозобойные трещины, низовые пожары, фитовредители, энтомовредители и повреждения птицами. Максимальная доля повреждений отмечена в сосняках-кисличниках, ельниках-черничниках, березняках травяных: от морозобойных трещин 18—23, от фитовредителей (грибы) — 16—43 %. Коэффициент парной корреляции Пирсона между показателями повреждений от морозобойных трещин и от фитовредителей составляет 0.52, а между показателями механических повреждений и повреждений фитовредителями — 0.36.

Болезни. В сосняках-зеленомошниках, занимающих площадь 212.2 га, в 6 кварталах из 14 обнаружен смоляной рак сосны. Это заболевание характерно для спелых и перестойных насаждений, выявлять его трудно в связи с тем, что оно проявляется в верхней части кроны, а когда наблюдается смолотечение, то заболевание захватывает большие участки поверхности ствола.

Насекомые-вредители. В лесопарке обнаружено 48 видов насекомых, из которых 32 вида — вредители насаждений, т. е. насекомые, способные образовывать очаги массового размножения и повреждения насаждений. Из представленных видов насекомых большая часть относится к сосущим вредителям, минирующим хвою и листву, и к галлообразователям. Все эти вредители, не приводя дерево к гибели, существенно ослабляют его. Такие повреждения, как галлы и мины, способствуют отмиранию верхушечных побегов, опаданию хвои, деформации деревьев.

На поваленных ветром деревьях отмечены такие опасные стволовые вредители, как короед-типограф *Ips typographus* L., короед-двойник *Ips duplicatus* Sahib., гравер обыкновенный *Pityogenes chalcographus* L. Однако показатели их размножения свидетельствуют о том, что популяция этих насекомых находится в состоянии депрессии.

Запас древесных насаждений Черняевского лесопарка. Насаждения лесопарка представляют собой сомкнутые, как правило, высокополнотные древостои с преобладанием сосны, ели, березы и некоторых других лиственных пород. Общий древесный запас по данным лесоустройства 2002 г. составлял 132 367.6 м³ стволовой древесины.

Распределение общего древесного запаса в целом отражает зональные особенности насаждений II и III террас р. Камы. Значительный запас березы свидетельствует о наличии вторичных мягколиственных насаждений.

Разнообразие условий обитания определяет лесотипологическую структуру лесопарка. Особое значение имеет возрастная структура отдельных древостоев, а также всего лесопарка в целом. Четко зафиксировано преобладание спелых и

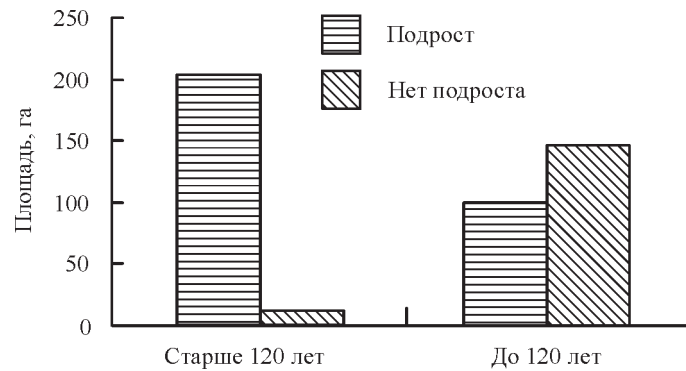


Рис. 4.4. Наличие подроста в насаждениях разного возраста.

приспевающих насаждений, представленных сосняками и ельниками. Недостаток подобного распределения — слабая устойчивость насаждений возрастом выше практически предельного.

Сосняки старше 120 лет, как правило, представлены низкополнотными древостоями. Доля насаждений в древостоях старше 120 лет с полнотой менее 0.7 составляет 100, а в насаждениях до 120 лет — 57 %.

Уменьшение полноты приводит к развитию под пологом древостоев нового поколения лесообразующих пород. На рис. 4.4 показана доля подроста в насаждениях различного возраста. Из-за фитоценологических особенностей лесообразующих пород в преобладающих в лесопарке сосновых насаждениях развивается еловый подрост, что делает невозможным естественное возобновление сосняков. Из всей площади сосняков старше 120 лет площадь сосновых насаждений с преобладанием подроста сосны составляет 3.5 га (2.5 %). Ход роста всех изученных деревьев, параметры ствола в целом укладываются в существующие закономерности, характерные для зональных условий обитания.

Динамика таксационных показателей насаждений лесопарка определена на основе материалов лесоустройства 1958 и 2002 гг. При этом материалы обеих туров лесоустройства оцифрованы по единой методике, что позволило сравнивать состояние насаждений по всем лесотаксационным показателям, в том числе с учетом площадей. Так средневзвешенный бонитет уменьшился с 1.86 в 1958 г. до 2.26 в 2001 г. Средневзвешенная полнота, напротив, возросла с 0.41 до 0.55. Возможным объяснением этого явления может служить наблюдаемое увеличение доли березы в общем древесном запасе, изменение соотношения дренированных и полугидроморфных и гидроморфных местообитаний, фиксируемое в изменении соотношений площадей, занятых различными типами леса. Общая площадь групп типов леса на автоморфных почвах ($C_{зм}$, $C_{тр}$, $E_{к}$, $E_{тр}$) в 1958 г. составляла 452.4 га, в 2002 г. — 328.6 га. Площадь лесов на полугидроморфных почвах ($C_{ч}$, $E_{ч}$, $E_{лг}$, $B_{тр}$) увеличилась более чем в 2 раза. Полностью исчезли сосняки-беломошники и ельники-зеленомошники, кленовники, березняки, тополевики, ольшатники травяные, резко уменьшилась площадь сосняков-брусничников, сосняков травяных, ельников травяных. Детальный анализ материалов лесоустройства 1958 и 2001 гг. в кварталах 4 и 5 показывает почти трехкратное увеличение доли насаждений на переувлажненных местообитани-

ях (типы леса Б_{пм}, Е_{лг}, О_{лгв}) и соответствующее уменьшение насаждений на дренированных участках, что подтверждается детальным анализом хода роста. Падение прироста в ельнике черничном зафиксировано с 1974 г.¹

Для изучения опушечного эффекта заложены пробные площади в южной, восточной и северной частях парка. При этом произведены полный перечень и картирование насаждений с последующим анализом по 10-метровым секциям.

Отметим, что имеется четкая, близкая к линейной, зависимость между параметрами кроны (ее объемом), суммы площадей сечения стволов на высоте груди и расстоянием от опушки. Особенно ярко проявляется связь между числом подростов лиственных пород и подлеска и этим расстоянием. Подрост хвойных пород при этом испытывает сильную конкуренцию со стороны лиственных пород и трав и фактически не реагирует на близость опушки.

Менее ярко проявляется опушечный эффект для травянистых растений в случае высокой антропогенной нагрузки (восточная часть Черняевского лесопарка).

Таким образом, можно констатировать, что в условиях Черняевского лесопарка вдоль его периметра наблюдается так называемый опушечный эффект, выражающийся в формировании деревьев со своеобразной архитектоникой крон, увеличенными их размерами, в случае малой рекреационной нагрузки разрастаются подлесок и высокотравье из луговых и рудеральных видов.

Влияние промышленного загрязнения на клеточные и тканевые структуры. Использование электронно-микроскопических методов и световой микроскопии позволяет выявить ранние симптомы повреждения тканевых и клеточных структур и идентифицировать специфические изменения, вызываемые различными токсическими соединениями.

С увеличением возраста хвои и ухудшением состояния деревьев сосны увеличиваются степень разрушения воскового налета на поверхности и деструкция устьиц, вплоть до полной их закупорки металлической пылью. Это влияет на интенсивность фотосинтеза, которая в зависимости от возраста хвои и степени повреждения может уменьшиться на 20—68 % [Тарханов и др., 2004].

Под воздействием атмосферного загрязнения деградируют воски на поверхности листьев. Поллютанты² изменяют химический состав восков, ускоряют старение кутикулы, что приводит к ее разрушению. Они воздействуют на воск двумя путями: 1) прямым взаимодействием компонентов восков с атмосферными токсикантами и 2) непрямым — нарушением развития кутикулы и эпикутикулярных восков. Эрозия воска усиливает кутикулярную транспирацию, что в свою очередь увеличивает воздействие атмосферного загрязнения и сокращает время жизни хвои.

Таким образом, эпикутикулярный воск хвои сосны высокочувствителен к действию газовых выбросов, и его состояние можно рассматривать как показателю

¹ Условные обозначения расшифровываются следующим образом: прописная буква в индексе типа леса — название древесной породы (Е — ельник, С — сосняк, Б — березняк, Ол — ольшатник), подындексом обозначено видовое название типа леса (зм — зеленомошный, тр — травяной, к — кисличник, ч — черничник, лг — логовой, пм — пойменный, тв — таволговый).

² Вещества антропогенного происхождения, загрязняющие среду обитания живых существ.

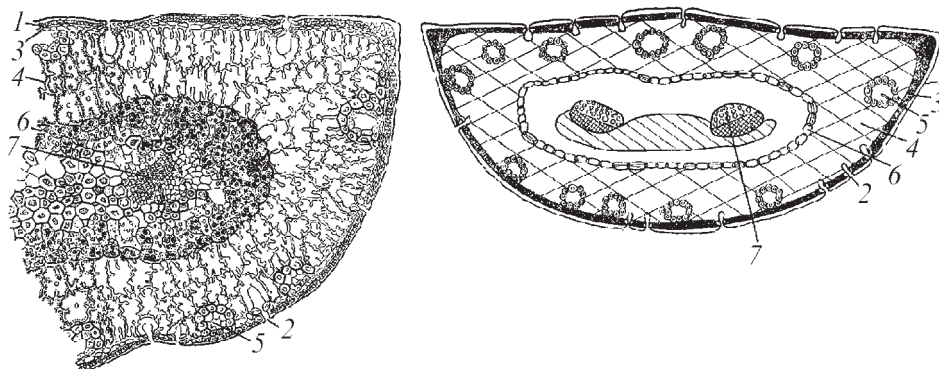


Рис. 4.5. Нормальное анатомическое строение хвои сосны.

a — детальное изображение, *б* — схема; 1 — эпидерма, 2 — устьичный аппарат, 3 — гиподерма, 4 — складчатая паренхима, 5 — смоляной ход, 6 — эндодерма, 7 — ксилема.

тель состояния сосновых древостоев в условиях атмосферного загрязнения [Тарханов и др., 2004].

С усилением интенсивности загрязнения воздуха кроме снижения возраста хвои сосны уменьшаются ее длина, ширина, толщина и масса.

Нами изучено анатомическое строение хвои на поперечных срезах с применением разных способов окраски для микрохимических реакций на выявление целлюлозы, кутикулы, белков ядра и цитоплазмы клетки (рис. 4.5). Также определены число и диаметр смоляных каналов.

Число смоляных ходов на одной иголке хвои колебалось от 5 до 13. Хвоя дерева № 1175 отличалась от хвои остальных деревьев меньшим числом смоляных ходов (в среднем 7.17), у остальных этот показатель варьировал в пределах 8.42—10.36. Коэффициент вариации данного признака невелик (от 5.8 до 18.6).

По диаметру смоляных ходов отмечено более широкое варьирование признака от 25.0 до 75.0 мкм. На одном и том же срезе диаметр смоляных ходов в углах хвоинки иногда был в 2 раза и более, чем по каналу, расположенному на плоской ее стороне.

Выявлено закономерное увеличение просвета смоляного канала с возрастом хвои. Наиболее значительна эта разница у хвои деревьев № 1156, 1175 и 7728.

Анализ строения эпидермы одно-, двух- и трехлетней хвои показал, что число хвои с ненарушенной кутикулярной пленкой уменьшается с ее возрастом, а число хвои с отслоившейся кутикулой и без воскового слоя увеличивается.

Измерения морфометрических показателей хвои (длины, ширины и высоты) разного возраста показали, что наиболее вариабельный признак — ее длина. Она колебалась от 12 до 77 мм. Коэффициент вариации превышал 15 %. Ширина и высота хвои у разных образцов варьировали незначительно. В среднем ширина хвои была 1.07—1.22, высота 0.50—0.66 мм.

При изучении изменчивости морфологических и анатомических признаков хвои сосны обыкновенной в условиях Свердловской области отмечен модификационный характер изменения длины хвои [Мамаев, 1973]. Индивидуальная

изменчивость отдельных деревьев проявлялась главным образом в заметном варьировании длины хвои. Средняя длина хвои сосны обыкновенной из Талицкого района Свердловской области составила 56.2 мм (лимиты 32—74 мм). Относительно анатомического строения листа хвойных в работе [Мамаев, 1973] указано на очень слабую индивидуальную изменчивость и довольно высокую стабильность большинства анатомических структур, за исключением числа смоляных каналов. Это объясняется тем, что смолоносная система — менее важный приспособительный пример, чем анатомические структуры, обеспечивающие основные физиологические функции, свойственные зеленому листу.

В наших исследованиях по длине хвои размах варьирования был шире, чем показано в работе [Мамаев, 1973]. По-видимому, неблагоприятные факторы среды обитания, «расшатывая» границы проявления фенотипа, позволили проявиться крайним вариантам нормы реакции данного признака. При этом отмечен сдвиг в сторону уменьшения длины хвои.

Проанализировано 27 побегов, выявлено более 500 одно-двулетних брахибластов и около 200 трехлетних. Доля дефолиации составила 49, 68 и 24 % соответственно.

Содержание формальдегида и других алифатических альдегидов в хвое сосны в условиях атмосферного загрязнения. Жизненное состояние растения, отражающее кумулятивный ответ дерева на условия внешней среды, в том числе и на воздействие загрязнителей, как правило, оценивают по морфометрическим показателям кроны. При этом сравнивают морфометрические и таксационные показатели древостоев, сопоставляют динамику их производительности с данными накопления поллютантов в хвое и годичных кольцах деревьев, а также с содержанием их в воздухе.

Исследовано содержание формальдегида и других алифатических альдегидов в хвое сосны, произрастающей на территории в зоне влияния источников выделения формальдегида (выбросы автотранспорта, сжигание низкокалорийного газа на нефтеперерабатывающем заводе и др.).

В литературе представлены различные данные о влиянии формальдегида на состояние растений. С одной стороны, многие растения способны усваивать формальдегид из воздуха, включая большую часть этого вредного вещества в свой обмен веществ, в процессе которого оно перерабатывался в сахар, крахмал и кислород. С другой стороны, есть мнение, что формальдегид отрицательно воздействует на состояние зеленых насаждений, так как, проникая через липопротеидные мембраны внутрь клеток, вызывает нарушение важнейших звеньев метаболизма, роста и развития растений [Сергейчик и др., 2004].

Содержание формальдегида, ацетальдегида и пропионового альдегида в хвое определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в виде их 2.4-динитрофенилгидразин-производных. Образцы хвои измельчали и гомогенизировали в солянокислом растворе 2.4-динитрофенилгидразина, образующиеся при этом 2.4-динитрофенилгидразоны альдегидов экстрагировали гексаном и проводили хроматографический анализ экстрактов. По результатам исследований определены следующие концентрации ЗВ в хвое сосны:

— формальдегида — 0.0053—0.0260 мкг/г, максимум обнаружен в образцах хвои № 7 (дерево № 7728, 2006 г.), № 11 и 12 (дерево № 1526, 2007 и 2008 гг.), № 14 (дерево № 1175, 2007 г.);

— ацетальдегида — 0.105—0.203 мкг/г, максимум обнаружен в образце № 8 (дерево № 7728, 2007 г.);

— пропионового альдегида — 0.0008—0.0027 мкг/г, максимум определен в образце № 12 (дерево № 1526, 2008 г.).

Динамика содержания исследуемых веществ в хвое сосен показывает в большинстве случаев увеличение содержания альдегидов с возрастом хвои, что, вероятно, можно связать с существованием внешних источников выделения формальдегида, ацетальдегида и пропионового альдегида.

Сравнение среднего содержания алифатических альдегидов в хвое сосен, в разной степени удаленных от автомагистрали и других промышленных источников.

Минимум содержания альдегидов в хвое сосны определен у деревьев № 217 и 570. Более высоко оно у деревьев № 1526 и 7728. Максимальное содержание формальдегида обнаружено в хвое сосны № 1175.

Микроэлементный состав растительных тканей. Для изучения накопления поллютантов в тканях сосны обыкновенной проанализированы образцы растительных тканей, хвои различного возраста, молодых охвоенных ветвей, собранных в верхней части кроны деревьев первого ранга, и коры, собранной на высоте 1.3 м вдоль окружности ствола. Всего проанализировано 25 образцов с 5 деревьев. Кроме того, проанализировано 20 образцов подстилки.

В целом можно констатировать, что концентраций изученных элементов, ограничивающих физиологическое состояние тканей сосны обыкновенной, не обнаружено. Концентрация микроэлементов в подстилке лежит в пределах значений, характерных для слабозагрязненных местообитаний.

Массовое обследование лесопарка позволило выявить основные негативные изменения растительности:

— во флору лесопарка внедряются сорные и рудеральные виды и вытесняются аборигенные лесные виды, в том числе нуждающиеся в мониторинге состояния популяций и ранее занесенные в красную книгу;

— возрастает доля участия сорно-рудеральных и интродуцированных видов в покрытии сообществ, особенно в зоне высокой рекреационной нагрузки, что существенно снижает привлекательность лесопарка (рис. 4.6);

— своеобразная возрастная структура древесных насаждений с преобладанием спелых и перестойных сосновых лесов с понижающейся относительной полнотой и отсутствием естественного возобновления под их пологом может привести к резкому изменению среды при полном распаде насаждений в связи, например, с погодными условиями;

— развиваются тенденции заболачивания лесных массивов в связи со сменной пород и изменением сформировавшегося режима стока (рис. 4.7 и 4.8);

— отсутствие ухода в молодняках, в том числе лесных культурах сосны предопределяет их малую устойчивость и может привести к нежелательным последствиям — развитию вредителей и болезней, частичному или полному усыханию, а уничтожение подроста и подлеска в связи с несанкционированным изъятием ведет к подрыву самовоспроизводства насаждений (рис. 4.9);

— в связи с распространением в насаждениях болезней и вредителей, развивающихся в сухостое и поваленных деревьях, ухудшается санитарное состояние насаждений (рис. 4.10);

— создание рядовых посадок хвойных пород (см. рис. 4.9) без учета лесорастительных условий и за счет неблагонадежного и сомнительного подроста



Рис. 4.6. Заращение поляны в квартале 12 сорно-рудеральной растительностью в результате прокладки минерализованных полос.

Слева — весна, растительности на полосе нет, *справа* — та же полоса летом.



Рис. 4.7. Водоем, сформировавшийся в результате строительства линейных сооружений в квартале 10.



Рис. 4.8. Вторичный березняк на перегнойно-глеевой почве в квартале 5.



Рис. 4.9. Попытка пересадки 30-летней ели (категория «сомнительный подрост») на поляну в квартале 12.



Рис. 4.10. Накопление сухостоя и бурелома в квартале 5.

приводит к слабой приживаемости деревьев и в дальнейшем не сможет обеспечить достижения цели посадки — создания устойчивых высокодекоративных насаждений;

— несанкционированные раскопки, уничтожение плодородного слоя почвы, подрезка корневых систем деревьев при производстве земляных работ ведут к обеднению видового состава растительных сообществ и способствуют внедрению сорно-рудеральных видов, распространению болезней древесных пород;

— имеется множество механических повреждений стволов, что приводит к развитию болезней и вредителей (рис. 4.11).

4.2. Почвы

Основные почвообразующие породы Черняевского лесопарка — песчаные аллювиальные отложения древней надпойменной террасы р. Камы, представленные мелкозернистыми песками с прослойками и линзами легкого суглинка и супеси. Мощность песков достигает 15—20 м.

I и II надпойменные террасы верхнеплейстоценового возраста являются аккумулятивными, сложены слоистыми мелкими песками. Слоистость отложений обусловлена различиями в степени глинистости песков или их крупности.

Аллювий III надпойменной террасы имеет среднеплейстоценовый возраст. На древнеаллювиальных отложениях сформировались дерново-подзолистые и подзолистые почвы преимущественно легкого гранулометрического состава.

На изучаемой территории сформировались современные породы, представленные делювиальными и аллювиальными отложениями. Современные аллювиальные отложения формируются в поймах рек при их весеннем разливе в результате приноса и накопления минеральных частиц водой во время разлива. Представлены они глинами, суглинками и песками бурого, желто-бурого цвета,



Рис. 4.11. Ошмыги коры сосны в квартале 3.

уплотненного или плотного сложения. Эти породы являются материнскими для аллювиально-луговых и аллювиально-болотных почв.

Делювиальные отложения встречаются в пониженных элементах рельефа. Они образовались в результате приноса частиц почвы с окружающих склонов после интенсивных летних ливней и представлены бесструктурными суглинками и супесями бурого, серо-бурого, серого цвета. Отличительная особенность этих отложений — хорошо выраженная слоистость. На них сформировались дерновые глеевые и глееватые, дерново-намытые почвы. Современные отложения отличаются хорошими агрохимическими показателями, так как сложены из почвенного мелкозема.

В результате сложных процессов почвообразования на территории Черняевского лесопарка сформировалось множество разнообразных видов почв. При почвенном обследовании выделены следующие типы почвообразования: преобладающий — подзолистый, в значительной степени распространены процессы оглеения и оторфовывания.

Подзолистый тип почвообразования приурочен к хорошо дренированным, повышенным элементам рельефа и представлен дерново-подзолистыми почвами разной степени оподзоливания. Степень оподзоливания в значительной степени связана с местоположением почвы в рельефе, с условиями увлажнения, а

ТАБЛИЦА 4.1

Гранулометрический состав дерново-подзолистых почв

Горизонт	Глубина, см	Содержание частиц размером (мм), %					
		1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	менее 0.001
A ₁	4—21	52.93	38.89	1.60	0.88	2.08	3.92
A ₁ A ₂	21—36	49.62	41.26	2.68	1.07	1.57	3.80
A ₂	36—72	60.98	33.38	1.00	1.24	1.52	1.88
B _h	72—160	76.95	20.93	0.64	0.44	1.36	2.68
B ₁	160—198	73.31	22.65	0.84	0.56	0.08	2.56
B ₂ C	198—230	37.62	58.30	0.84	0.28	0.40	2.56
C	230—260	71.51	24.41	1.00	0.16	0.56	2.36
A ₁	4—6	76.74	15.38	1.00	0.12	1.92	4.84
A ₁ A ₂	6—21	76.07	16.65	1.64	0.20	1.60	3.84
A ₂	21—40	69.57	24.63	1.48	1.32	1.56	1.44
A ₂ B	40—71	69.64	23.96	1.36	2.13	1.43	1.48
B _h	71—120	78.32	18.10	1.24	2.30	0.18	2.80
BC	120—150	79.57	12.42	0.96	2.60	0.28	4.28
C	150—250	81.60	15.20	0.88	1.00	0.32	1.00

также с составом песков и подстилающих пород. Сформировались преимущественно на мощных песчаных отложениях. В нижних частях пологих склонов при сезонном переувлажнении формируются дерново-подзолистые почвы с признаками оглеения в верхней части профиля.

Почвы пониженных участков лесопарка, а так же участков, расположенных вдоль асфальтированных дорожек, рек и ручьев, образовались под воздействием избыточного увлажнения поверхностными и грунтовыми водами. Этот фактор отложил определенный отпечаток на профиль почв. В результате переувлажнения верхней части профиля разложение растительной массы из-за недостатка кислорода затруднено. В анаэробных условиях окислительные и микробиологические процессы замедляются, что приводит к появлению в почвенном профиле оторфованных горизонтов, а также охристых и стальных пятен и примазок, содержащих подвижные формы железа.

Агрофизические свойства почв являются важнейшими факторами почвенного плодородия. Одна из основных характеристик почв — гранулометрический состав, в соответствии с которым изучаемые почвы по всему профилю являются песчаными (табл. 4.1). В верхних горизонтах содержание физической глины 6.88 %. В иллювиальном горизонте отмечено утяжеление гранулометрического состава от 4.48 (разрез № 17) до 4.28 % (разрез № 1). Отмечена некоторая неоднородность в нижней части профиля, которая объясняется слоистостью материнской породы (древних аллювиальных отложений).

Вниз по профилю изучаемые почвы проявляют типичные признаки дерново-подзолистых почв, т. е. дифференцированы по илу. Его содержание в верхнем горизонте колеблется от 4.84 (разрез № 1) до 3.92 % (разрез № 17). Оно снижается в подзолистом горизонте от 1.44 (разрез № 1) до 1.88 % (разрез № 17) и увеличивается в иллювиальном горизонте от 4.28 (разрез № 1) до 2.56 % (разрез

№ 17). Наиболее тяжел по гранулометрическому составу иллювиальный горизонт (содержание физической глины 5.28—4.48 %), самый легкий — подзолистый (содержание физической глины 3.64—4.32 %), гумусовый горизонт по этому признаку занимает промежуточное положение.

Значительная доля гранулометрического состава приходится на песчаную фракцию, что создает неблагоприятные физические условия. Песчаная фракция (1.00—0.05 мм) состоит из обломков первичных минералов, прежде всего кварца и полевых шпатов. Результат этого — высокая водопроницаемость фракции, она не набухает, не пластична, обладает некоторой капиллярностью и низкой влагоемкостью. Содержание этой фракции колеблется от 83 до 97 % по всему профилю, значительно увеличиваясь в подзолистом горизонте, что характерно для почв этого типа.

Неблагоприятное микроагрегатное состояние дерново-подзолистых почв во многом зависит от малого содержания в них гумуса и низкой насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями. Поэтому внесение органических удобрений и известкование почв — важные агрономические приемы, которые способствуют улучшению микроагрегатного состава дерново-подзолистых почв.

По результатам сухого просеивания верхней части профиля видно, что структурное состояние почвы удовлетворительное (доля суммы агрегатов более 0.25 мм составляет 0 %). Поэтому мокрое просеивание было нецелесообразным. Это связано с низким содержанием гумуса и отсутствием растительности, чем обусловлено слабое развитие процессов структурообразования.

Развитие дернового и подзолистого процессов, гранулометрический состав, степень смывости во многом определяют состав и свойства почв. Агрохимическая характеристика очень важна, поскольку характеризует плодородие почвы. В табл. 4.2 приведены агрохимические свойства дерново-подзолистых почв. Обращает на себя внимание очень низкое содержание гумуса, которое колеблется от 2.0 до 1.3 %. Оно плавно уменьшается вниз по профилю у разрезов № 1 и 17, так как под ним залегает переходный горизонт. В иллювиальных горизонтах содержание гумуса 1.5 (разрез № 17), 0.9 (разрезы № 1 и 5) и 0.8 % (разрез № 18). Объясняется это тем, что почвы имеют легкий гранулометрический состав и в них формируется потечный гумус. Кроме того, по морфологическим признакам отчетливо видно накопление железа, этот элемент преимущественно перемещается в виде органо-железистых комплексов.

Сумма обменных оснований изменяется закономерно для дерново-подзолистых почв. В гумусовом горизонте она колеблется от 1.8 до 3.8 мг-экв./100 г почвы. Вниз по профилю данный показатель в элювиальном горизонте уменьшается от 2.3 (разрезы № 1 и 5) до 2.5 мг-экв./100 г почвы (разрезы № 17 и 18) и постепенно увеличивается в иллювиальном от 4.6 (разрез № 5) до 5.1 мг-экв./100 г почвы (разрез № 18). Такая же закономерность наблюдается и для емкости катионного обмена.

Степень насыщенности почв основаниями варьирует в широких пределах по профилю. Выделяется разрез № 1 с очень низким показателем (27 %), что объясняется растительным покровом на этом участке, который представлен сосняком-зеленомошником. В разрезах № 17 и 18 степень насыщенности почв основаниями варьирует от 47 до 49 %, растительность представлена ельником-кисличником и посадкой сосняка соответственно. Обращает на себя внима-

ТАБЛИЦА 4.2
Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв

Номер разреза	Го- ри- зонт	Глубина образца, см	Гу- мус, %	S, мг-экв./ 100 г	H _г , мг-экв./ 100 г	E _{ко} , мг-экв./ 100 г	V, %	Обменная кислотность рН (KCl)	Подвижный элемент	
									P ₂ O ₅	K ₂ O
17	A ₁	4—21	2.0	3.8	3.18	4.5	85	4.3	37.6	50.0
	A ₁ A ₂	21—36	1.6	3.1	3.37	6.4	48	4.2	56.4	45.0
	A ₂	36—72	0.8	2.5	2.02	4.6	56	3.7	68.0	60.0
	B _h	72—160	1.5	4.6	0.67	5.3	87	4.2	67.8	35.0
	B ₁	160—198	0.6	4.6	0.67	5.3	87	4.1	60.3	65.0
	BC	198—230	0.6	4.9	0.67	5.5	88	4.1	59.0	40.0
	C	230—260	0.7	5.6	0.90	6.5	86	4.2	44.1	40.0
18	A ₁	4—13	1.5	3.8	4.05	7.9	49	4.5	72.0	40.0
	A ₂	13—27	0.5	2.5	3.37	6.3	41	4.0	44.3	40.0
	B _h	27—62	0.8	1.8	2.47	4.0	42	4.7	56.2	35.0
	B ₁	62—88	0.6	2.8	2.02	4.8	58	4.4	73.0	80.0
	B _{гс}	88—116	0.5	5.1	1.12	6.2	82	4.5	94.0	70.0
	BC	116—140	0.6	4.9	1.35	5.9	83	4.5	56.8	45.0
	C	140—170	0.7	5.6	1.35	7.0	81	4.6	56.6	50.0
1	C	170—220	0.7	5.6	1.35	7.0	81	4.6	47.1	45.0
	A ₁	4—6	1.4	1.3	3.60	4.9	27	4.8	47.0	70.0
	A ₁ A ₂	6—21	1.1	1.8	2.97	4.5	40	4.3	41.3	40.0
	A ₂	21—40	0.7	2.3	1.80	4.1	56	3.8	41.7	30.0
	A ₂ B	40—71	0.8	3.8	1.35	5.2	74	3.9	89.0	75.0
	B _h	71—120	0.9	4.1	1.12	5.2	78	4.5	64.2	55.0
	BC	120—150	0.8	4.9	0.67	5.5	89	4.6	—	—
5	C	150—250	0.6	6.7	9.20	9.9	93.0	4.5	55.4	80.0
	A ₁	2—13	1.3	1.8	2.02	3.8	47	4.9	64.3	35.0
	A ₂	13—40	0.5	2.3	3.60	5.9	39	4.0	56.60	30.0
	B _h	40—66	1.9	3.8	5.35	9.2	42	3.8	61.6	60.0
	B ₁	66—104	0.9	6.4	0.67	7.1	90	4.8	107.7	105.0
	B ₂	104—140	0.7	4.6	0.90	5.5	84	4.3	83.9	55.0
	BC	140—180	0.8	7.2	0.67	7.8	91	4.8	84.4	55.0
4	C	180—230	0.7	5.9	0.90	6.8	88	4.5	76.9	45.0
	A ₁	3—11	1.2	1.5	3.7	5.2	28	4.0	80	
	A ₂	11—31	0.5	1.1	7.0	8.1	14	3.8	75	
	B ₁	31—70	0.2	2.1	1.9	4.0	52	4.2	100	
	B ₂	70—100	0.2	3.6	1.5	5.1	70	4.2	100	
	BC	100—130	0.1	4.9	1.1	6.0	81	4.4	100	
	C	130—180	0.1	6.4	1.1	7.5	85	4.4	65	
2	A ₁	6—20	1.6	1.1	4.5	5.6	18	4.0	50	
	A ₂	20—35	0.2	0.8	3.2	4.0	19	4.0	65	
	B	35—70	0.1	1.1	2.3	3.4	32	4.2	100	
	BC	70—140	0.1	4.6	0.7	5.3	87	4.4	75	
	C	140—200	0.1	4.3	0.7	5.0	86	4.4	50	
15	A ₁	5—11	2.0	4.4	17.2	21.6	21	3.3	25	
	A ₂	11—57	0.8	2.8	6.6	9.4	29	2.7	50	
	B	57—87	0.2	3.8	3.9	7.7	50	4.0	75	
	BC	87—129	0.1	4.4	2.1	6.5	67	4.0	30	
	C	129—181	0.1	6.9	2.0	8.9	77	4.0	25	

Примечание: S, H_г и E_{ко} — соответственно сумма обменных оснований, гидролитическая кислотность и емкость катионного обмена, мг-экв./100 г почвы.

ТАБЛИЦА 4.3

Агрохимические свойства дерновых почв

Горизонт	Гумус, %	S, мг-экв./ 100 г	H _г , мг-экв./ 100 г	E _{ко} , мг-экв./ 100 г	V, %	Обменная кислот- ность рН (KCl)	Подвиж- ный P ₂ O ₅ , мг/кг
Разрез № 3							
A _T	17.42	28.03	3.62	31.65	89	5.78	75
AG	2.0	4.61	1.13	5.74	80	5.75	30
G	0.5	0.06	0.91	6.97	87	5.75	40
BG	0.2	3.73	0.57	4.30	87	5.90	45
Разрез № 6							
A ₁	4.4	26.63	3.85	30.48	87	4.91	50
B	1.5	23.26	4.19	27.45	85	4.35	30
A _{пог.}	2.9	28.18	4.53	32.71	86	4.83	50
A ₂ B ₁	0.5	14.08	1.93	16.01	88	4.66	50
B ₁	0.4	12.65	1.69	14.34	88	4.70	50
B ₂	0.3	13.49	1.81	15.30	88	4.37	75
C	0.2	13.82	2.38	16.20	85	4.39	75

Примечание: S, H_г и E_{ко} — соответственно сумма обменных оснований, гидролитическая кислотность и емкость катионного обмена, мг-экв./100 г почвы.

ние разрез № 17, в котором этот показатель повышен (85 %). Растительный покров территории представлен сосняком злаковым, благодаря чему накапливается органическое вещество основного характера, которое благотворно влияет на физико-химические свойства рассматриваемых почв.

Верхние горизонты характеризуются сильнокислой (рН меняется от 4.3 до 4.5 в разрезах № 3, 17 и 18) и кислой реакцией среды (рН от 4.8 до 4.9 в разрезах № 5 и 1).

Содержание элементов питания колеблется в широких пределах. В гумусовом горизонте содержание фосфора низкое в разрезах № 1 и 17 (от 37 до 47 мг/кг почвы) и среднее в разрезах № 5 и 18 (от 64 до 72 мг/кг почвы), вниз по профилю оно постепенно снижается, увеличиваясь в иллювиальном горизонте.

Содержание обменного калия в верхней части профиля низкое (35—70 мг/кг почвы). Максимальное накопление наблюдается в иллювиальном горизонте.

Дерновые почвы, напротив, отличаются большей гумусированностью, чем подзолистые (табл. 4.3). У этих почв более благоприятный питательный режим, но неблагоприятный водно-воздушный.

Карта почв Черняевского лесопарка приведена на рис. 4.12.

Санитарно-эпидемиологические исследования. В лабораторных условиях исследованы пробы почвы Черняевского лесопарка по следующим показателям:

— энтомологическим: определяли наличие личинок и куколок синантропных мух, яиц гельминтов;

— санитарно-бактериологическим: определяли бактерии группы кишечной палочки (БГКП), энтерококки, патогенные энтеробактерии, в том числе сальмонеллу, коли-фаги.



Рис. 4.12. Почвы Черняевского лесопарка.

1 — дерново-мелкоподзолистая супесчаная на древнеаллювиальных отложениях, 2 — дерново-неглубокоподзолистая супесчаная на древнеаллювиальных отложениях, 3 — дерново-глубокоподзолистая иллювиально-железистая песчаная на древнеаллювиальных отложениях, 4 — дерново-глубокоподзолистая супесчаная на древнеаллювиальных отложениях, 5 — дерново-глубокоподзолистая легкосуглинистая на делювиальных отложениях, 6 — дерново-глубокоподзолистая тяжелосуглинистая на древнеаллювиальных отложениях, 7 — дерново-глубокоподзолистая поверхностно-глееватая супесчаная на древнеаллювиальных отложениях, 8 — дерново-поверхностно-глеевая тяжелосуглинистая на делювиальных отложениях, 9 — дерново-неглубокоподзолистая грунтово-глеевая тяжелосуглинистая на древнеаллювиальных отложениях, 10 — дерново-поверхностно-глеевая намытая на делювиальных отложениях, 11 — дерново-глубокоподзолистая супесчаная грунтово-глееватая на древнеаллювиальных отложениях, 12 — торфяно-подзолистая глееватая, 13 — болотно-низинная торфянисто-глеевая маломощная, 14 — болотно-низинная торфяно-глеевая, 15 — болотно-низинная торфяная на мелких торфах, 16 — аллювиально-болотная перегнойно-глееватая на современных аллювиальных отложениях, 17 — дерновая грунтово-глееватая супесчаная на делювиальных отложениях, 18 — дерновая грунтово-глееватая тяжелосуглинистая на делювиальных отложениях, 19 — дерновая грунтово-глеевая песчаная на делювиальных отложениях, 20 — дерновая грунтово-глеевая среднесуглинистая на делювиальных отложениях, 21 — дерновая грунтово-глеевая тяжелосуглинистая на делювиальных отложениях, 22 — антропогенно-преобразованная.



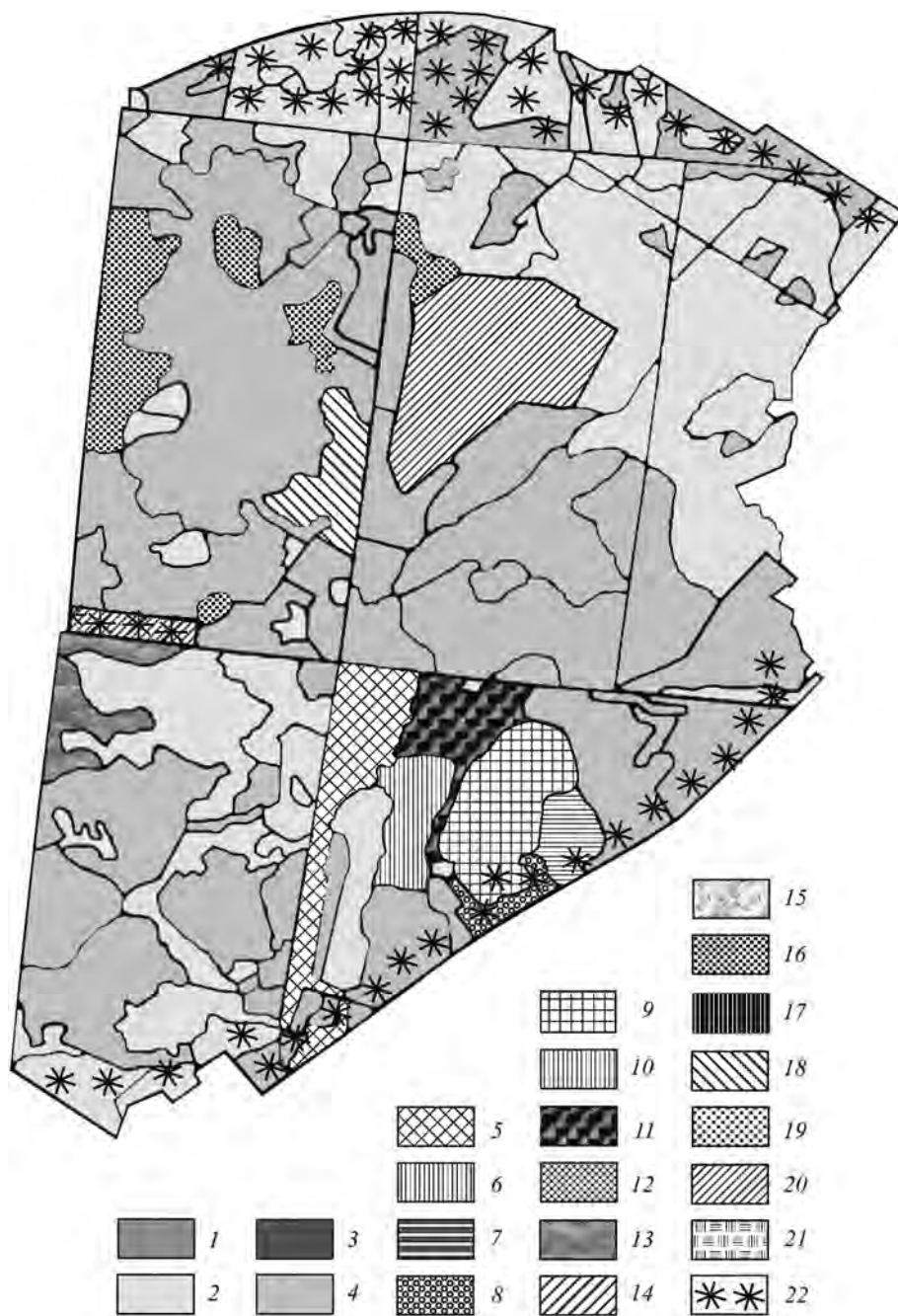


Рис. 4.12 (продолжение). Увеличенный фрагмент карты почв.

Результаты лабораторных анализов свидетельствуют, что пробы почвы соответствуют требованиям [СанПиН 2.1.7.1287—03, СанПиН 3.2.1333—03, МУ 2.1.7.730—99].

Многолетние энтомологические наблюдения позволили заключить, что в Черняевском лесопарке сформировался природный биотоп, в котором таежный клещ (*Ixodes persulcatus*) находит относительно благоприятные условия для существования и развития. Об этом свидетельствует среднегодовое количество численности имаго *Ixodes persulcatus*, который составляет 65.82 экз. на флаго/км, а с 1992 по 2008 г. численность клещей колебалась от 35.50 (2006 г.) до 111.88 экз. на флаго/км (1999 г.).

Ежегодно на территории лесопарка в весенне-летний период года жители Перми подвергаются нападению таежного клеща. В среднем в год порядка 142 человек обращается по поводу присасывания клещей, зараженных вирусом клещевого энцефалита и боррелиями группы *Borrelia burgdorfi*. Одновременная зараженность иксодовых клещей возбудителями клещевого энцефалита и болезни Лайма, или боррелиоза, определяет существование сопряженных природных очагов этих двух инфекций, что создает предпосылки для одновременного инфицирования людей и развития микст-инфекции. В 2008 г. исследовано на вирус клещевого энцефалита 162 клеща, положительных результатов 4 (2 %), на боррелии — 52 клеща, положительных — 15 (28 %).

При двукратном энтомологическом исследовании территории, где проведена акарицидная обработка, клещи не обнаружены. Акарицидная обработка лесопарка предупреждает до 150 случаев заболеваний, при отказе от обработки заболеваемость клещевым энцефалитом превысила бы регистрируемые в настоящее время показатели на 40 %.

4.3. Животный мир

Черняевский лесопарк — один из самых богатых в видовом разнообразии птиц парк Перми. По нашим исследованиям, здесь встречаются в различные сезоны года птицы 124 видов, относящиеся к 32 семействам 12 отрядов. Богатство орнитофауны объясняется разнообразием имеющихся биотопов, наличием мелких речек, заболоченных участков леса. Так в участках соснового леса гнездятся зяблик, ворон, серая мухоловка. Березово-осиновые участки привлекают на гнездование ополовника, дятлов, вьюрка, вальдшнепа. В заболоченных местах и у мелких речушек находят место для гнездования кряква, кулики бекас и черныш. На выворотнях упавших деревьев здесь размещают свои круглые гнезда-шалашики крапивник, зеленая пеночка, зарянка, чашеобразное гнездо вьет дрозд-белобровик. В смешанных ельниках обнаружены гнезда зеленушки, королька, клестов. Обилие кустарников и подроста рябины и бузины привлекает различные виды славков, обыкновенной чечевицы, чьи гнезда можно увидеть даже вдоль асфальтированных дорожек.

В Черняевском лесопарке в настоящий период гнездятся 77 видов птиц. Доминируют зяблик, зеленая пеночка, пеночка-весничка, белобровик (рис. 4.13, табл. 4.4). Субдоминанты — рябинник, садовая славка, мухоловка-пеструшка.

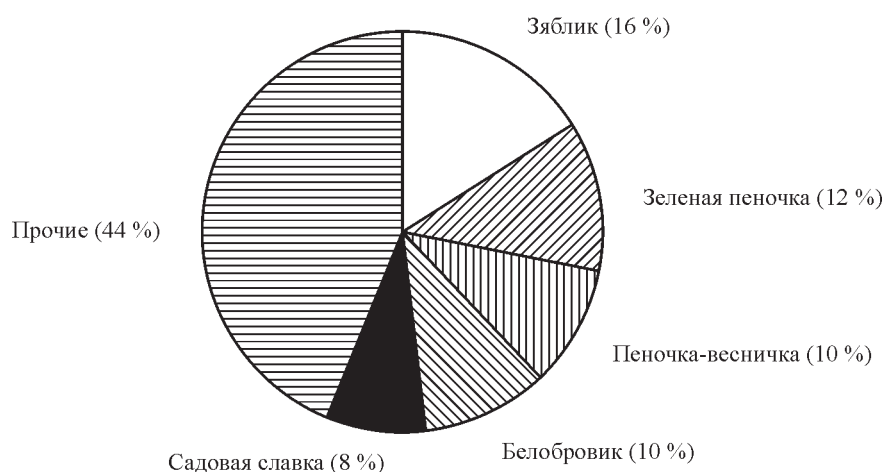


Рис. 4.13. Доля доминирующих видов в летнем населении птиц Черняевского лесопарка.

К нерегулярно гнездящимся в парке видам относится осоед, перепелятник, обыкновенная и глухая кукушки, пятнистый конек, сорокопут-жулан, иволга, сойка, пятнистый сверчок, ястребиная славка, клесты, дубонос, овсянка-ремез.

Несмотря на высокую рекреационную нагрузку, в парке встречаются хищные птицы и совы. На гнездовании отмечена ушастая сова, черный коршун, чеглок. Более 30 лет использует гнездовой участок ястреб-тетеревятник. В 1973 и

ТАБЛИЦА 4.4
Плотность населения птиц Черняевского лесопарка, особ./км²

Вид	Гнездовой период	Зимний период	Вид	Гнездовой период	Зимний период
Кряква	1.6	—	Весничка	60	—
Черный коршун	0.3	—	Теньковка	29	—
Тетеревятник	2	11.4	Трещотка	4	—
Перепелятник	1.5	—	Желтоголовый королек	28	31.6
Глухарь	1.5	—	Мухоловка-пеструшка	35.5	—
Бекас	6.3	—	Серая мухоловка	11	—
Вальдшнеп	1.6	—	Малая мухоловка	11	—
Обыкновенная кукушка	2.4	—	Горихвостка-лысушка	29	—
Глухая кукушка	2.4	—	Зарянка	23	—
Воробьиный сыч	—	5.5	Соловей	26.5	—
Черный стриж	12	—	Рябинник	57.6	27
Желна	4.2	2	Белобровик	58	—
Большой пестрый дятел	21	16.5	Певчий дрозд	21	—
Белоспинный дятел	—	—	Черный дрозд	5.5	—

ТАБЛИЦА 4.4 (продолжение)

Вид	Гнез- довой период	Зим- ний период	Вид	Гнез- довой период	Зим- ний период
Малый пестрый дятел	4	2	Ополовник	23	13
Трехпалый дятел	2	—	Пухляк	35	58
Вертишейка	11	—	Московка	21	31.5
Лесной конек	23	—	Обыкновенная лазоревка	—	5
Белая трясогузка	25	—	Большая синица	34	58.8
Иволга	3.3	—	Поползень	4	27.5
Сойка	5.3	23	Пищуха	2	13.7
Сорока	12	17	Зяблик	77	—
Серая ворона	10	2.5	Юрок	18	—
Ворон	11	4	Зеленушка	35	—
Свиристель	—	6	Чиж	33	17
Крапивник	9	—	Черноголовый щегол	24	13
Лесная завирушка	11	—	Коноплянка	11	—
Речной сверчок	23	—	Обыкновенная чечетка	—	62.6
Садовая камышовка	22	—	Обыкновенная чечевица	11	—
Зеленая пересмешка	11	—	Щур	—	25
Серая славка	11	—	Клест-еловик	35	40
Садовая славка	38.5	—	Обыкновенный снегирь	20	74.3
Черноголовая славка	11	—	Обыкновенная овсянка	18.8	—
Славка-мельничек	11	—	Овсянка-ремез	3.3	—
Зеленая пеночка	69	—	Всего	1178	583

ТАБЛИЦА 4.5

**Результаты учета млекопитающих
на территории лесопарка**

Класс млекопитающие — Mammalia	Примечание
Отряд Насекомоядные — Insectivora	
Семейство Кротовые — Talpida	
Обыкновенный крот (<i>Talpa europaea</i> L.)	
Отряд Зайцеобразные — Lagomorpha	Следы
Семейство Заячьи — Leporidae	
Заяц-беляк (<i>Lepus timidus</i> L.)	
Отряд Грызуны — Rodentia	Встречаются постоянно
Семейство Беличьи — Sciuridae	
Обыкновенная белка (<i>Sciurus vulgaris</i> L.)	
Семейство Хомячьи — Cricetidae	Норы
Обыкновенный хомяк (<i>Cricetus cricetus</i> L.)	
Отряд Хищные — Carnivora	Следы
Семейство Собачьи — Canidae	
Обыкновенная лисица (<i>Vulpes vulpes</i> L.)	

1974 гг. гнезился канюк [Шепель, 1992]. Во время осенне-зимних кочевок в парк залетают уральская и бородатая неясыти, ястребиная сова, филин, воробьиный сыч.

В связи с изменением некоторых биотопов в последние годы исчезли с гнездования коростель, деревенская ласточка, камышовка-барсучок, черноголовый чекан, варакушка, камышовая овсянка. Исчезновение скворца отражает общую тенденцию сокращения этого вида в области. Находятся на грани исчезновения в парке чирок-свистунок, тетеревиный. В связи с вырубкой в последний год старых деревьев и сухостоя в парке перестают гнездиться желна и трехпалый дятел.

Обнаружены несколько видов земноводных и пресмыкающихся. Отмечены обычные для города и таежных лесов виды млекопитающих (табл. 4.5). Проведен анализ серых крыс и представителей воробьеобразных на заболеваемость. При этом не выявлено опасных для человека инфекций и гельминтов (обнаружены ооцисты эймерии).

ГЛАВА 5

ЛАНДШАФТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕРРИТОРИИ ООПТ «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС»

5.1. Условия формирования ландшафтов ООПТ «Черняевский лес»

В ландшафтно-географическом отношении рассматриваемая территория расположена на участке поймы и I—III надпойменных террас левого берега р. Камы, в восточной части Лысьвинско-Мулянского ландшафтного округа Вятско-Камской провинции таежного Высокого Заволжья Уральской ландшафтной страны южной тайги Восточно-Европейской равнины. Рельеф поверхности слегка всхолмленный, с уклонами в северо-западном направлении. В пределах лесопарка имеются древние песчаные дюны и барханы эолового происхождения с высотами от 3—5 до 7 м. Абсолютные высоты над уровнем моря 95.5—125.7 м.

Оторфованность, заиленность, а также присутствие катионов кальция в поверхностных временных водотоках в пониженной части территории лесопарка способствуют накоплению здесь большого количества органического вещества и элементов питания.

Почвообразующими породами на большей части территории лесопарка являются аллювиальные мелкозернистые пески с прослойками и линзами легкого суглинка и супеси, местами заторфованные. Мощность песков достигает 15—20 м. Низкое разнообразие почвообразующих пород и условий почвообразования стали причиной господства дерново-подзолистых почв, встречаются также дерново-подзолистые глеевые, торфяно-подзолистые глеевые, подзолистые глеевые, аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые почвы. По распространенности в пределах лесопарка данное многообразие почв можно свести к трем преобладающим типам:

- 1) подзолистые супесчаные,
- 2) подзолистые суглинистые,
- 3) аллювиально-болотные.

Лесом покрыто 82.9 % территории лесопарка. На непокрытых лесом землях (17.1 % территории лесопарка) наибольшие площади занимают прогалины и ландшафтные поляны (8.2 % территории парка), а также просеки и противопожарные разрывы (2.2 % территории парка). Вырубки и гари занимают 0.4 и 2.1 га соответственно, что составляет лишь 0.4 % территории парка. Последнее обстоятельство свидетельствует о высоком уровне ведения хозяйства и быстром восстановлении лесных насаждений на участках, освобождающихся по разным причинам от леса. Незалесенные земли (не предназначенные для выращивания леса) представлены в основном полянами для отдыха (26.5 га), парковыми сооружениями (3.7 га) и болотами (3.6 га). Общая их площадь составляет 39.5 га, или 6.2 % площади парка.

Всего в лесопарке отмечено 15 типов леса, из которых к коренным относятся 6 сосновых, 6 еловых, 1 березовый и 2 ольховых типа леса. Представлены

9 древесных пород, образующих насаждения со своим преобладанием в первом ярусе древостоя. По распространенности на территории лесопарка все многообразие типов растительного покрова можно свести к четырем типам:

- 1) ельники;
- 2) сосняки;
- 3) лиственные (березовые, ольшатниковые, осиновые, кленовые насаждения и т. п.);
- 4) луга.

Плоскоравнинная поверхность вкупе с приповерхностным залеганием грунтовых вод способствует заболачиванию территории.

Несмотря на небольшую площадь, природный комплекс здесь довольно сложный, поэтому для изучения его экологического состояния использован ландшафтный подход, который в силу своей комплексности является одним из ведущих методов при проведении геоэкологических исследований, направленных на решение практических и фундаментальных задач рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Ландшафт — генетически однородный участок ландшафтной оболочки, естественно обособившийся в ходе ее развития и представляющий собой целостную территориальную систему взаимосвязанных, взаимодействующих компонентов (горных пород, почв, вод, воздуха, биоты), функционирующих под влиянием внешних и внутренних факторов. Структура ландшафтной оболочки находит свое отражение в классификации. В связи с проблемами устойчивости ландшафта понятие «структура ландшафта» рассмотрено как *основное* в теории ландшафта и *исходное* при решении прикладных экологических задач [Охрана ландшафтов, 1982; Михеев, 1987]. Закономерно, что авторы современных классификаций ландшафтов обосновывают структурно-генетический [Николаев, 1978], структурно-ландшафтный [Шищенко, 1988], структурно-динамический [Сочава, 1978; Крауклис, 1979; Михеев, 1987] принципы классификации.

Классификационные задачи и проблемы иерархии ландшафтных комплексов в последнее время успешно решают на основе учета объективных критериев, связанных с развитием дистанционных методов исследований [Михеев, 1989; Виноградов, 1984, 1998; Зятькова, 2002, и др.]. Дистанционные материалы служат и своеобразным информационным модулем, общим для специалистов различного профиля. Природные компоненты опознают на основе применения методов ландшафтной индикации [Викторов, Чикишев, 1990; Винокуров, 1980, и др.].

В большинстве ландшафтных классификаций общепризнаны и наиболее широко используются в прикладных целях основные единицы ландшафта — *фация* и *урочище*.

Фации объединяются в более крупные, более устойчивые территориальные общности — урочища.

Урочище — природно-территориальный комплекс, представляющий собой закономерно построенную систему генетически, динамически и территориально связанных фаций или их групп (подурочищ). В основе выделения урочищ, как правило, лежат лито-орографические факторы — мезоформы рельефа, характеризующиеся относительно однородными литологическими условиями.

Обычно урочище формируется на основе какой-либо одной мезоформы рельефа и отображается на картах масштаба 1 : 10 000—1 : 200 000. Они во мно-

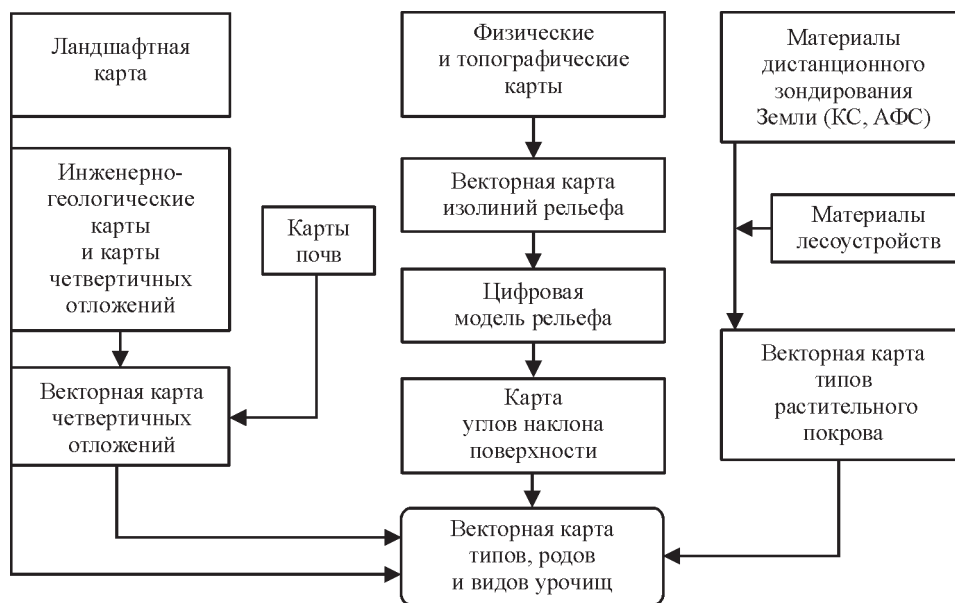


Рис. 5.1. Этапы получения информации при создании компьютерной ландшафтной карты.
КС и АФС — соответственно космическая и аэрофотосъемка.

гих случаях связаны с отдельными формами мезорельефа (холмами, террасами, котловинами, поймами, плоскими участками междуречий).

Главными признаками для выделения урочищ служат рельеф, растительный покров, почвы. Исходя из того, что урочища представляют собой природно-территориальные комплексы, совмещающиеся с какой-либо формой мезорельефа (но не с сочетаниями таких форм, чем они отличаются от ландшафта), целесообразно выделить по этому признаку наиболее крупную классификационную группировку — *тип урочищ* [Цесельчук, 1963]. При выделении типа урочищ предложено также учитывать генезис форм мезорельефа, их морфологический тип и положение в системе местного стока [Исаченко, 1998]. Сходной точки зрения придерживаются авторы работ [Видина, 1973; Мильков, 1966, и др.].

На камеральном этапе работы собраны данные о следующих характеристиках:

- географическом размещении и характере мезоформ рельефа (*тип урочищ*),
- почвообразующих породах (*род урочищ*),
- географическом распределении основных типов растительности (*вид урочищ*).

Разработка карты и последующий ее анализ проведены с помощью ресурсов сред программных ГИС-пакетов и проходили в несколько этапов (рис. 5.1) [Герасимов, 2006].

Этап 1. Подготовка растровых изображений. В качестве исходного материала для подготовки использованы картографические изображения на бумажных носителях формата А4. Подготовительный этап состоял из следующих операций:

- сканирования исходного графического материала;
- «сшивки» растровых изображений, полученных в результате сканирования;
- географической привязки.

ТАБЛИЦА 5.1

Пример оглавления полей таблицы

ID	№_вида (рода, типа)	Вид (род, тип)
Идентификатор	Однотипным выделам присваиваются целочисленные значения	Заносятся полные названия выделов для типов, видов, родов

Сканирование проводили с разрешающей способностью 300 dpi, в режиме 256 цветов, полученный файл сохраняли в формате *.TIFF. Размер оцифрованных изображений (графических кадров) при таком способе не превышает 10 Мбайт.

Полученные растровые изображения «сшивались» в цельные изображения, подобные исходным (графическим), и проходили необходимую процедуру регистрации в ГИС-пакетах, в процессе которой они получали геометрическую коррекцию в соответствии с выбранной географической проекцией.

Этап 2. Векторизация растровых изображений. Векторизация (растро-во-векторное преобразование) — автоматическое или полуавтоматическое преобразование (конвертирование) растрового представления пространственных объектов в векторное представление путем описания объектов карты в виде наборов точек с определенными координатами (X , Y), и векторов фиксированной длины, соединяющих их. Важная особенность полученных электронных карт — послойное хранение графических объектов и их связь с атрибутивной базой данных в виде таблиц, существенно упрощающих представление и анализ больших баз разнородных данных.

В результате векторизации получены векторные модели пространственных данных рельефа в виде изолиний (ломаных линий), которые проходили стадию трансформации с возможностью цифрового представления третьего измерения (рендеринга) — высоты. В результате получена цифровая модель рельефа (ЦМР), которая облегчает определение параметров распространения и характера мезоформ рельефа исследуемого участка. В качестве дополнительного источника информации для получения векторной карты типов растительного покрова использовались данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в виде многозональных космических снимков высокого разрешения.

Этап 3. Генерализация и настройка вида ландшафтной карты. Последний этап производства карты основан на генерализации векторных данных и синтетическом наложении (оверлее) полученных тематических слоев с необходимой картографической обработкой и настройкой расширенной легенды. Важным моментом здесь является порядок заполнения полей в атрибутивной таблице данных. Для каждого слоя он одинаков (табл. 5.1).

Полученные таким образом векторные слои (рис. 5.2—5.5), содержащие картографическую и атрибутивную информацию о типах,¹ родах² и видах³ урочищ, при их интегральном рассмотрении позволили вычленить более сложную

¹ Для типов наземных урочищ классификационный признак — морфологические и морфометрические особенности мезорельефа.

² Для видов наземных урочищ классификационный признак — почвообразующие породы.

³ Для видов наземных урочищ классификационный признак — однотипный растительный покров.

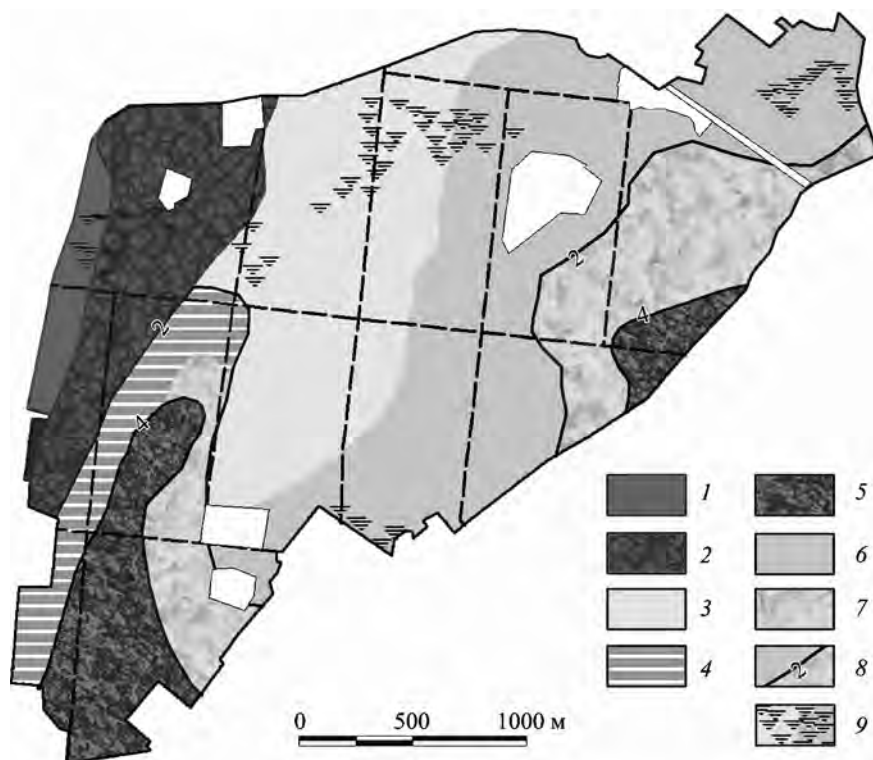


Рис. 5.2. Типы урочищ Черняевского лесопарка.

1 — поймы рек с незначительными уклонами поверхности и приповерхностным залеганием грунтовых вод, избыточным увлажнением, особенно в период половодья и в начале вегетационного периода, заболоченные; 2 — низкие надпойменные террасы с субгоризонтальной поверхностью и незначительными уклонами, неглубоким залеганием грунтовых вод (менее 2 м) и слабым дренажем, местами заболоченные; 3 — надпойменные террасы с субгоризонтальной поверхностью, с небольшими уклонами (до 1.5°), слабым до умеренного дренажем и неглубоким залеганием грунтовых вод (менее 2 м), местами заболоченные; 4 — надпойменные террасы с уклонами поверхности до 7.0° , глубиной залегания грунтовых вод более 2 м, умеренным дренажем и атмосферным увлажнением; 5 — высокие надпойменные террасы с уклонами поверхности до 7.5° , глубиной залегания грунтовых вод более 6 м, нормальным атмосферным увлажнением и дренажем; 6 — высокие надпойменные террасы с субгоризонтальной поверхностью (уклоны до 1°), неглубоким залеганием грунтовых вод (менее 2 м), слабым дренажем и атмосферным увлажнением; 7 — высокие надпойменные террасы с субгоризонтальной поверхностью (уклоны до 1°), глубиной залегания грунтовых вод более 2 м, умеренным дренажем и атмосферным увлажнением; 8 — глубина залегания грунтовых вод, м; 10 — заболачивание.

пространственную структуру из различных местообитаний. А полученные ареалы характеризуются строго определенным набором (сочетанием) типологических, родовых и видовых признаков.

В результате нами выделено порядка 45 различных вариантов их сочетаний (табл. 5.2), образующих в общей сумме на территории региона более 100 выделов. Закономерные их сочетания по территории региона носят не индивидуальный, а типологический характер, что не противоречит целям и задачам нашего исследования и позволяет комплексно оценить параметры ландшафтного разнообразия территории.

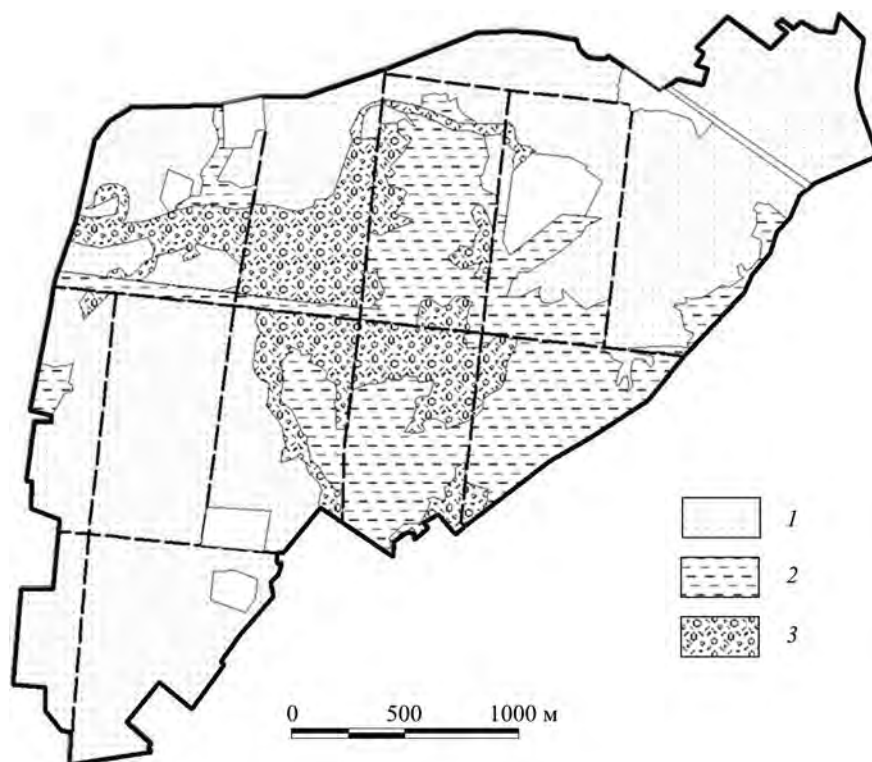


Рис. 5.3. Рода урочищ Черняевского лесопарка.

1 — на песках и дерново-подзолистых почвах, 2 — на суглинках и дерново-подзолистых супесчаных почвах, 3 — на суглинках и торфяных отложениях и аллювиально-болотных почвах.

5.2. Экологически значимые факторы и функции природных ландшафтов

Каждая экосистема занимает определенное место в ландшафтной структуре и хозяйственной деятельности населения, поэтому имеет ряд определенных функций, значимых для природы территории или человека. Под *функциями ландшафтов* понимают обеспечение различными структурными частями природных комплексов или их компонентами потребностей общества или условий устойчивого существования природных систем в процессе взаимодействия общества и природы. При определении функций экосистемы необходимо учитывать следующее:

- особенности рельефа;
- литологический состав грунтов;
- генетические и морфологические особенности почв;
- характер увлажнения и дренированности;
- особенности гидрографической сети и гидрологического режима;
- характеристику древостоя;
- наличие или отсутствие темновойных пород и дикоросов (ягод, грибов).



Рис. 5.4. Виды урочищ Черняевского лесопарка.

1 — светлохвойно-лесные, 2 — лиственно-лесные, 3 — лугово-кустарниковые, 4 — темнохвойно-лесные.

Также следует учитывать значение каждой из выделенных экосистем для сохранения современной структуры ландшафтов, сложившихся форм природопользования и перспектив использования ресурсов.

При оценке функций Черняевского лесопарка учтены выявленные при ландшафтном картографировании морфологические и динамические особенности природных комплексов, режим природных процессов, особенности функционирования, продуктивности. Исходя из этого функции экосистем лесопарка разделены на *экологические (природоохранные)* и *ресурсные*, характеризующие хозяйственную ценность экосистем и одновременно существующий или вероятный режим их использования.

Всего для обследованной части Черняевского лесопарка выделено 11 основных типов функций. Из них к группе *ресурсных* функций можно отнести только ягодно-грибную (ЯГ).

Природоохранные функции определяют роль экосистемы в сохранении природного комплекса данной местности. К ним относятся климатообразующая (КО) и климаторегулирующая (КР) функции, водоохранная (ВО), водозапасающая (ВЗ), стокорегулирующая (СР), ландшафтно-стабилизирующая (ЛС), противоэрозионная (ПЭ), почвоохранная (ПО), санитарно-гигиеническая (СГ) и биологическая (БЛ).

Специфика ресурсных функций достаточно явно определяется их названием.

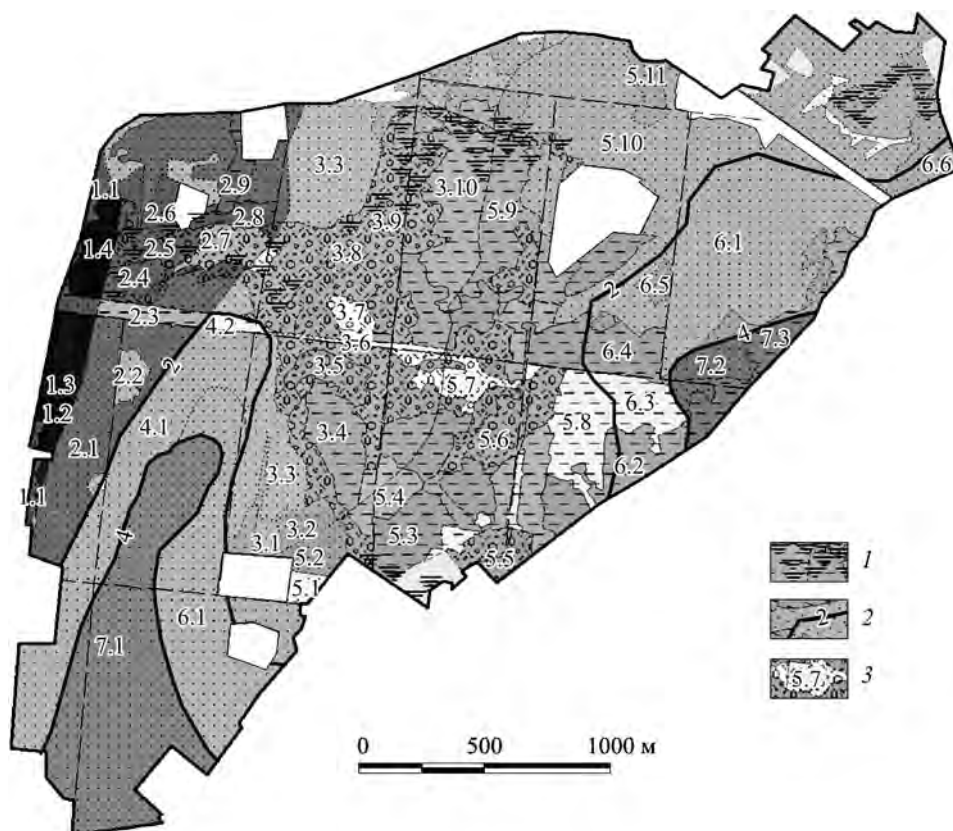


Рис. 5.5. Типы урочищ Черняевского лесопарка с индексами.

1 — заболачивание; 2 — глубина залегания грунтовых вод, м; числа — индексы типов (см. табл. 5.2).

Ягодно-грибная функция характерна для практически всех лесных геосистем. Содержание и роль защитных (природоохранных) функций требует более детальной расшифровки.

Экосистемы с *ландшафтно-стабилизирующей* функцией защищают природный комплекс в целом: сохраняют исторически сложившуюся генетически предопределенную структуру ландшафтов. Их нарушение может вызвать цепную реакцию в окружающих природных комплексах: поверхностный смыв почвы, эрозию, просадки грунта и т. д.

Водоохранные функции выполняют экосистемы (пойменные, припойменные и приводомные), поддерживающие равномерность годового стока, сохраняющие баланс стока воды и наносов в реках, высокий дебит и органолептические свойства грунтовых вод.

Водозапасающие функции имеют урочища с практическим отсутствием поверхностного стока (за исключением периода таяния снега), удерживающие в себе влагу и поллютанты. К ним прежде всего относятся участки болот всех типов, пруды.

Экосистемы со *стокорегулирующими* функциями удерживают воду (и загрязнение) в течение достаточно длительного времени, постепенно отдавая ее в

ТАБЛИЦА 5.2

Описание типов урочищ ООПТ «Черняевский лес» (фрагмент)

Номер урочища	Индекс урочища	Тип
1	1.1	Поймы рек с незначительными уклонами поверхности и приповерхностным залеганием грунтовых вод, избыточным увлажнением, особенно в период половодья и в начале вегетационного периода, заболоченные, на песках и дерново-подзолистых почвах, лугово-кустарниковые
2	1.2	Такие же поймы рек, но на суглинках и дерново-подзолистых супесчаных почвах, лиственно-лесные
3	1.3	Такие же поймы рек, но на песках и дерново-подзолистых почвах, светлохвойно-лесные
4	1.4	Такие же поймы рек, но на суглинках и торфяных отложениях и аллювиально-болотных почвах, лиственно-лесные
5	2.1	Низкие надпойменные террасы с субгоризонтальной поверхностью и незначительными уклонами, неглубоким залеганием грунтовых вод (менее 2 м) и слабым дренажем, местами заболоченные, на песках и дерново-подзолистых почвах, светлохвойно-лесные
6	2.2	Такие же надпойменные террасы, но на песках и дерново-подзолистых почвах, лугово-кустарниковые
7	2.3	Такие же надпойменные террасы, но на суглинках и дерново-подзолистых супесчаных почвах, лугово-кустарниковые
8	2.4	Такие же надпойменные террасы, но на песках и дерново-подзолистых почвах, лиственно-лесные
9	2.5	Такие же надпойменные террасы, но на суглинках и торфяных отложениях и аллювиально-болотных почвах, лиственно-лесные
10	2.6	Такие же надпойменные террасы, но на песках и дерново-подзолистых почвах, темнохвойно-лесные
11	2.7	Такие же надпойменные террасы, но на суглинках и торфяных отложениях и аллювиально-болотных почвах, лугово-кустарниковые

общую гидрографическую сеть. К таким экосистемам относятся все лесные группы урочищ.

Леса выполняют *климатообразующую* и *климаторегулирующую* функции, которые заключаются в создании и поддержании лесом оптимального для региона гидротермического и газового состава воздуха; смягчают климат, определяют естественную предрасположенность ландшафтов к устойчивости.

Противоэрозионную функцию выполняют все лесные урочища без учета их местоположения в рельефе, в системе поверхностного стока. Лесные системы на плакорах и водоразделах противодействуют образованию поверхностного стока, переводя его в грунтовый. Лесная растительность в долинах рек и суходолов в противоэрозионном отношении действует по принципу фильтра, задерживая твердые наносы в периферийной зоне лесных групп урочищ (на границе с сельскохозяйственными угодьями) или в днищах овражных и балочных форм. Нарушение растительного покрова в этих урочищах может спровоцировать опасные эрозионные процессы.

Биологическая функция определяет воспроизводство и функционирование биоты, сохраняет генофонд.

Санитарно-гигиеническая функция определяет способность экосистемы подавлять бактериальную флору фитонцидами, поглощать пыль, газ и шум.

В природе экосистема редко выполняет одну функцию, обладая совокупностью ресурсных и природоохранных функций. При определении ценности функций выстраивают относительный ценностный ряд, в котором функции размещают в порядке возрастания их значимости для сохранения природных комплексов и их ресурсов.

Особую роль играет *оценка функций экосистем*:

— *защитные функции* можно оценить лишь в баллах по степени важности экосистемы с данной функцией для сохранения природного комплекса в целом, что определяют логическим путем;

— *ресурсные функции* можно легко оценить и в баллах, и в стоимостном выражении.

Функции экосистем оценивают в два этапа:

1) выстраивают определенный ценностный ряд функций, размещенных в порядке возрастания их значимости для сохранения природных комплексов и ресурсов;

2) определяют степень выраженности функций и продуктивность полезных свойств экосистем.

При оценке хозяйственной ценности принимают во внимание состав и полноту древесины, запас ягодно-грибных ресурсов, ресурсов промысловых животных, рыбных ресурсов, наличие сенокосных угодий и пр.

Хозяйственно-ресурсную ценность (*E*) определяют в баллах (от 0 до 2) в соответствии со следующей шкалой [Рациональное..., 1996]:

— экосистемы заболоченных пойм, пойменных лугов с длительным сроком затопления — 0 баллов (низкая ценность);

— ландшафты лесов (включая пойменные) с ресурсами ягод и грибов, запасами древесины; экосистемы пойменных лугов (сенокосные угодья) — 1 балл (средняя ценность);

— экосистемы лесов с орехово-промысловой и охотничье-промысловой функциями — 2 балла (высокая ценность).

Природоохранное значение экосистем (*N*) оценивают в баллах от 1 до 4 по следующей шкале (табл. 5.3):

— экосистемы, утратившие свою природозащитную функцию и нуждающиеся в рекультивации — 1 балл (низкая ценность);

— экосистемы верховых болот, заболоченных лесов с водозапасающей, стокорегулирующей функциями — 2 балла (средняя ценность);

— экосистемы, выполняющие климатообразующую, климаторегулирующую и ландшафтно-стабилизирующую функции — 3 балла (высокая ценность);

— экосистемы темнохвойных лесов с противозерозионной функцией, пойменные экосистемы долин рек крупных порядков с водоохранной функцией — 4 балла (очень высокая ценность).

Наиболее выражена природоохранная функция урочищ, занятых древесной, хвойной, а также производной мелколиственной растительностью. Их экологическая роль приобретает особое значение в пределах сильнопересеченных

ТАБЛИЦА 5.3

**Выполняемые функции и ценность ландшафтных комплексов
в районе ООПТ «Черняевский лесопарк» (фрагмент)**

Индекс	Тип урочища	Функция		Ценность	
		экологическая	ресурсная	природоохранная	хозяйственная
1.1	Поймы рек с незначительными уклонами поверхности и приповерхностным залеганием грунтовых вод, избыточным увлажнением (особенно в период половодья и в начале вегетационного периода), заболоченные, на песках и дерново-подзолистых почвах, лугово-кустарниковые	КО, ЛС, СР, СГ, ПО, ВО	—	3	0
1.2	Такие же поймы рек, но на суглинках и дерново-подзолистых супесчаных почвах, лиственно-лесные	КО, КР, ЛС, СР, СГ, ПО, ВО	ЯГ	3	1
1.3	Такие же поймы рек, но на песках и дерново-подзолистых почвах, светлохвойно-лесные	КО, КР, ЛС, СР, СГ, БЛ, ПО, ВО, ПЭ	ЯГ	4	1
1.4	Такие же поймы рек, но на суглинках и торфяных отложениях и аллювиально-болотных почвах, лиственно-лесные	КО, КР, ЛС, СР, СГ, ПО, ВЗ, ВО, ПЭ	ЯГ	4	1
2.1	Низкие надпойменные террасы с субгоризонтальной поверхностью и незначительными уклонами, неглубоким залеганием грунтовых вод (менее 2 м) и слабым дренажем, местами заболоченные, на песках и дерново-подзолистых почвах, светлохвойно-лесные	КО, КР, БЛ, ПО, СР, ЛС, СГ, ПЭ	ЯГ	3	1

(склоновых, долинных) типов урочищ, наиболее уязвимых при экзогенных геоморфологических процессах.

Наименьшую природоохранную ценность имеют урочища с луговой и лугово-кустарниковой растительностью на междуречных плакорных и долинно-суходольных типах местности.

Минимальный балл присвоен урочищам слабодренируемых заболоченных пойм рек, придолинных участков, днищ балок и логов под лугово-кустарниковой растительностью. Заболоченность и сложность рельефа данных типов урочищ затрудняет их хозяйственное использование.

Наибольшую хозяйственную ценность имеют урочища междуречных плакорных, холмисто-увалистых и возвышенных полого-волнистых участков под сельскохозяйственными пашенными и сенокосными угодьями, а также лесные массивы на водораздельных холмисто-увалистых, междуречных пологоувалистых и междуречных плакорных пологоволнистых урочищах.

5.3. Эколого-хозяйственная оценка современного состояния ландшафтных участков

В качестве показателя комплексной оценки экологического состояния ландшафтов можно использовать индексы антропогенных нагрузок (АН), позволяющие в математически приемлемой форме рассчитывать и сопоставлять уровни нагрузки на территории при разнообразных формах их проявления с учетом основных форм таких нагрузок, выраженных в безразмерных показателях. Удобство подобных экспресс-оценок в том, что АН рассчитывают на основе анализа структуры землепользования. Показатель эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) получают путем определения степени АН на различные группы земель путем введения для них экспертных балльных оценок (табл. 5.4).

Каждый вид земель получает соответствующий балл, после чего земли объединяют в однородные группы: от минимальной АН (на землях естественных урочищ и фаций) до максимальной АН (на землях, занятых промышленностью, транспортными коммуникациями).

Путем сопоставления категорий земель различных видов использования можно получить обобщенные показатели преобразованности территории. Такими показателями являются коэффициент абсолютной (K_a) и относительной (K_o) напряженности ЭХС территории, т. е. отношение площади земель с высокой АН к площади земель с более низкой АН:

$$K_a = AN_5 / AN_1, \quad (5.1)$$

$$K_o = AN_4 + AN_5 / AN_1 + AN_2AN_3. \quad (5.2)$$

Коэффициент K_a показывает отношение площади земель, сильно нарушенных разработками, промышленностью, транспортом, к площади земель, мало тронутых или нетронутых хозяйственной деятельностью территорий. Чем ниже K_a , тем благополучнее состояние окружающей среды. Результаты расчета коэффициента абсолютной АН по квартальной сети лесопарка приведены на рис. 5.6.

Высокие коэффициенты напряженности ЭХС в ряде кварталов обусловлены развитой в их пределах инфраструктурой из пешеходных троп, а также присутствием в границах лесопарка различного рода учреждений культурного и других назначений.

ТАБЛИЦА 5.4

Классификация земель по степени АН

Степень АН	Балл оценки	Группа земель
Высшая	5	Земли инфраструктуры
Значительная	4	Пашня, многолетние насаждения
Средняя	3	Водные объекты, культурные кормовые угодья
Незначительная	2	Естественные кормовые угодья
Низшая	1	Земли естественных урочищ, ООПТ

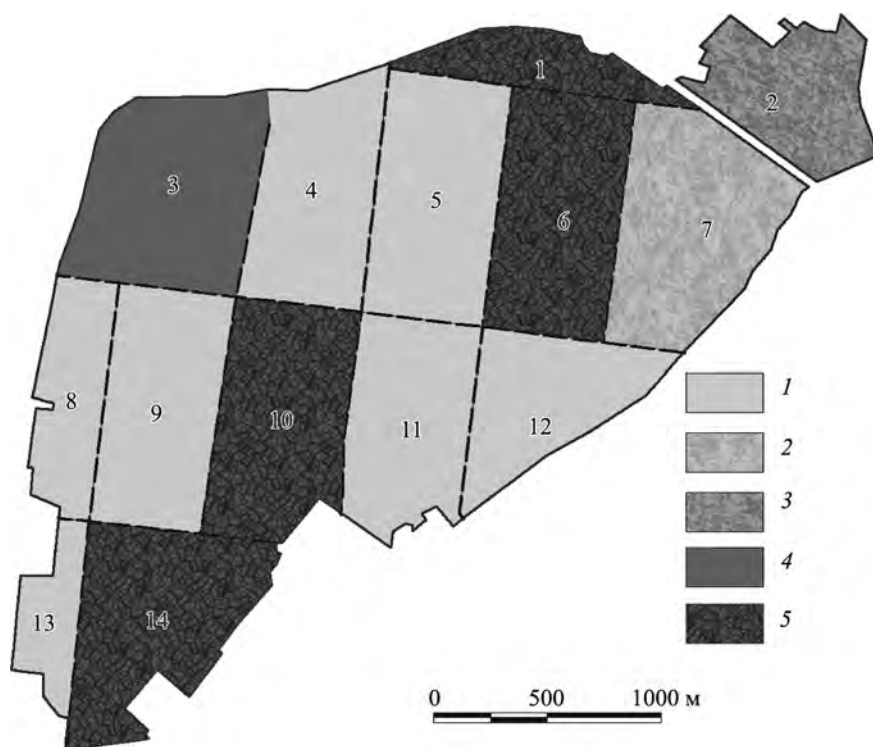


Рис. 5.6. Коэффициент абсолютной антропогенной напряженности ЭХС.
 1—5 — градация коэффициента: 1 — низкий (0.01—0.02), 2 — ниже среднего (0.02—0.05), 3 — средний (0.05—0.09), 4 — выше среднего (0.09—0.10), 5 — высокий (0.1—0.2); 1—14 — номера кварталов.

5.4. Оценка устойчивости ландшафтов к техногенному воздействию

5.4.1. Виды устойчивости ландшафтов

Функциональное зонирование территории на основе ландшафтного подхода может подразумевать способность ландшафтов сохранять основные воспроизводящие функции при направленном воздействии (однократном или постоянном). Такую способность природных систем в ландшафтоведении называют *устойчивостью*. Устойчивость определяет саму возможность существования геосистемы, ее развитие, эффективность и благоприятность ее хозяйственного использования.

Способность ландшафтов сохранять основные ландшафтообразующие связи и функции, восстанавливаться до исходного или близкого к нему состояния после прекращения хозяйственной нагрузки называют *устойчивостью ландшафтов* [Исаченко, 2004].

Различают *упругую* (свойство экосистем сохранять свою структуру и функции под воздействием антропогенных факторов) и *пластичную* (способность экосистем к самовосстановлению) устойчивость.

Упругая устойчивость. Упругая устойчивость имеет относительный характер и может быть определена главным образом по отношению к косвенному воздействию. По отношению к прямому воздействию (вырубке леса, срезке почвенно-растительного слоя, выемке грунта, искусственной отсыпке грунта и т. д.) все экосистемы неустойчивы. Поэтому упругую устойчивость экосистем наиболее целесообразно характеризовать по двум направлениям:

- 1) геохимической устойчивости,
- 2) устойчивости к механическому воздействию (биологической устойчивости).

Биологическая устойчивость определяется структурой биогеоценозов, степенью дренированности и увлажнения, механическим составом почвогрунтов, объемом и продолжительностью механического воздействия.

Под *геохимической* устойчивостью экосистем понимают их способность к самоочищению от продуктов техногенеза, которая во многом зависит от скорости химических превращений поллютантов и интенсивности выноса последних из экосистем. Наиболее детально параметры устойчивости геосистем и почв к техногенезу разработаны в работах [Глазовская, 1979, 1992, 1997, 2002]. При определении параметров устойчивости в качестве основы использовались также данные ряда других работ [Барина, 1992; Свирежев и др., 1978; Васильев..., 1998; Васильевская..., 1994].

Устойчивость экосистем, и биологическая, и геохимическая, определена на основе экспертных оценок в баллах¹ и носит относительный характер, т. е. системе баллов по устойчивости выбирают непосредственно для каждой территории и каждого вида урочищ в отдельности.

В качестве параметров устойчивости учтены следующие показатели (табл. 5.5):

- почвообразующие породы;
- потенциал самовозобновления растительности;
- проективное покрытие растительностью;
- интенсивность разложения растительных остатков;
- отражательная способность (альбедо) поверхности;
- тип почв, механический состав и тип водного режима почв;
- содержание гумуса;
- кислотность почв;
- степень насыщенности основаниями;
- степень увлажнения;
- местоположение в общей ландшафтно-экологической структуре.

В результате суммирования баллов покомпонентной оценки определены группы ландшафтных экосистем, имеющие степень устойчивости, оцениваемую от 0 до 3 баллов. За 3 балла принят наибольший показатель устойчивости (по сумме высших оценок).

Степень *биологической* устойчивости экосистем оценена следующим образом (рис. 5.7):

- 0 баллов — неустойчивые (сумма баллов 0—6),
- 1 балл — малоустойчивые (сумма баллов 7—12),
- 2 балла — относительно устойчивые (сумма баллов 13—18),

¹ От 0 до 3 баллов в порядке усиления роли в поддержании устойчивости.

ТАБЛИЦА 5.5

**Параметры устойчивости ландшафтных комплексов (экосистем)
к техногенному воздействию**

Параметр	Характеристика параметра	Балл устойчивости	
		геохимической	биологической
Потенциал самовозобновления растительности, лет	Минимальный (более 100)	0	0
	Крайне низкий (31—100)	1	0
	Низкий (21—30)	1	1
	Средний (6—20)	2	2
	Высокий (3—5)	3	3
Проективное покрытие растительностью, %	Полное (100—50)	3	3
	Достаточное (50—25)	2	2
	Недостаточное (25.0—12.5)	1	1
	Крайне недостаточное (12.50—6.25)	0	0
Интенсивность разложения растительных остатков (по значению подстилочно-опадного коэффициента)	Верховые сфагновые болота	0	1
	Хвойные леса	2	1
	Лиственные леса	4	2
	Луга	5	3
Альbedo поверхности, %	Высокое (15—25)	3	3
	Среднее (10—15)	2	2
	Низкое (5—10)	1	1
Почвообразующие породы	Флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески	1	1
	Маломощные пески и супеси, подстилаемые суглинками, аллювиальные отложения торфа	2	2
	Легкие суглинки, подстилаемые тяжелосуглинистыми отложениями	3	3
Тип почв	Лесные	2	2
	Луговые	1	1
	Болотные	0	0
Механический состав почв	Песчаные	1	0
	Супесчаные	2	1
	Легкосуглинистые	3	2
Тип водного режима почв	Промывной	3	3
	Промывной в сочетании с водозастойным	2	2
	Водозастойный	1	1
Содержание гумуса в почве, %	Малогумусные (менее 4)	1	0
	Среднегумусные (4—6)	2	0
	Высокогумусные (7—10)	3	0
Обменная кислотность почв (pH _{KCl})	Сильнокислые и кислые (менее 4.5)	1	0
	Среднекислые и слабокислые (4.6—5.5)	2	0
	Близкие к нейтральным и нейтральные (более 5.6)	3	0

ТАБЛИЦА 5.5 (продолжение)

Параметр	Характеристика параметра	Балл устойчивости	
		геохимической	биологической
Степень насыщения почв основаниями, %	Высокая (более 60)	4	0
	Средняя (40—60)	3	0
	Низкая (20—40)	2	0
	Очень низкая (менее 20)	1	0
Степень увлажнения	Очень высокая	0	0
	Высокая	1	1
	Средняя	2	2
	Низкая	3	3

3 балла — устойчивые (сумма баллов 19—26).

Степень *геохимической* устойчивости оценена так (рис. 5.8):

0 баллов — неустойчивые (сумма баллов 0—10),

1 балл — малоустойчивые (сумма баллов 11—20),

2 балла — относительно устойчивые (сумма баллов 21—30),

3 балла — устойчивые (сумма баллов 31—41).

Устойчивость геосистем во многом зависит от состояния растительного покрова и, в частности, его способности к самовосстановлению после механического уничтожения (вырубки леса, прокладки подземных коммуникаций, временных полевых дорог и т. п.). В условиях южно-таежных ландшафтов по своей способности к восстановлению выделяется два основных типа растительных сообществ:

1) травянистые (луговые), состоят по преимуществу из одно- и двулетних растений, обладают способностью возвращаться к исходному состоянию в течение нескольких лет;

2) древесные (лесные), чтобы перейти во взрослое (зрелое) состояние, им требуется период времени 80—100 лет и более, особенно для хвойных сообществ.

При этом следует учитывать, что в течение периода восстановления растительный покров претерпевает ряд сукцессий со сменой жизненных форм: через мохово-травянистые, лугово-кустарниковые, мелколиственные древесные, мелколиственно-хвойные, светлохвойные и темнохвойные сообщества. Последние являются зональными, в то время как луговые формации считаются производными, обязанными своим существованием главным образом воздействию антропогенного фактора (выпасу скота, сенокошению и т. п.). Таким образом, растительный покров гумидных¹ ландшафтов южной тайги в целом характеризуется относительно высокой пластичностью и после своего уничтожения через серию переходных форм стремится к возвращению к исходному состоянию, подчиняясь законам системной самоорганизации.

Однако эта способность коррелирует с рядом других ландшафтоформирующих факторов, в первую очередь с рельефом. Так наиболее устойчивы к воздей-

¹ От лат. *humidus* — влажный.



Рис. 5.7. Геохимическая устойчивость экосистем Черняевского лесопарка.
 1 — относительно устойчивые (степень устойчивости 2 балла), 2 — малоустойчивые (степень устойчивости 1 балл).

ствию возвышенные участки II и III надпойменных террас с относительно глубоким залеганием грунтовых вод и довольно высоким разнообразием в типе растительного покрова. Наименее устойчивы долинные и надпойменно-террасовые типы урочищ с приповерхностным залеганием грунтовых вод, занимающие обширные гомогенные по почвогрунтам и растительному покрову территории, а также сложенные легкими по механическому составу почвообразующими породами. Это объясняется следующим:

- 1) особенностями рельефа (высокой вероятностью заболачивания и неглубоким залеганием грунтовых вод, слабо развитым почвенным покровом);
- 2) положением в системе местного стока.

Эти два фактора определяют высокую степень риска развития негативных процессов заболачивания при уничтожении растительного покрова и некоторых видов эрозионных процессов.

Природные комплексы Черняевского лесопарка по способностям к самовосстановлению и способности противостоять внешним воздействиям относятся в основном к категории относительно устойчивых. В эту категорию входят дренированные поверхности. Нарушение почвенно-растительного покрова на них может спровоцировать развитие эрозии и дефляции.

Пластичная устойчивость. Процессы восстановления исходного состояния растительных группировок после прекращения механического воздействия



Рис. 5.8. Биологическая устойчивость экосистем Черняевского лесопарка.
 1 — устойчивые (степень устойчивости 3 балла), 2 — относительно устойчивые (степень устойчивости 2 балла), 3 — малоустойчивые (степень устойчивости 1 балл).

до настоящего времени мало изучены и недостаточно освещены в научной и специальной литературе. Наиболее убедительными выглядят выводы из работы [Москаленко, 1991]: на основе практического опыта выделены три группы типов природных комплексов, различающихся по характеру способности восстанавливать свое состояние:

1) природные комплексы с наиболее быстро восстанавливающимся растительным покровом (например, травяно-моховые и травяные болота, луга и пойменная растительность: уже через год после нарушения растительного покрова вторичные пушицево-осоково-политриховые и вейниковые сообщества покрывают почву на 50 %, а через 5 лет степень покрытия и число видов близки к естественным условиям);

2) природные комплексы с медленно восстанавливающимся растительным покровом (пологоволнистые и плоские равнины с лесами, дренированные участки на подзолистых песчаных почвах: время их восстановления растягивается от нескольких десятилетий до 100 лет и более);

3) природные комплексы с не полностью восстанавливающимся растительным покровом (участки со скоплением минеральных бугров и гряд пучения, лесные сообщества, холмистые поверхности и др.: степень естественного восстановления на данных территориях не превышает 40—45 % площади первоначальной территории).

чального покрытия вне зависимости от времени восстановления, поэтому на данных участках необходимо проводить мероприятия по искусственному формированию растительного покрова).

Факторы пластичной устойчивости учтены при экспертной оценке биологической устойчивости. В целом подавляющая часть природных комплексов на исследуемой территории ООПТ «Черняевский лес» относится к категории с не полностью восстанавливаемым растительным покровом. Поэтому при планировании строительных работ необходимые условия разработки природоохранных мероприятий — учет этих особенностей территории и обязательное осуществление рекультивационных работ.

5.4.2. Оценка чувствительности ландшафтов

Чувствительность ландшафтов к техногенному воздействию оценена на основе расчета коэффициента экологического риска (КЭР) для каждого отдельно взятого участка и всей территории в целом.

Под *экологическим риском* следует понимать показатель, отражающий совокупность всех вероятных негативных последствий антропогенной трансформации экосистем, включая антропогенные изменения их структуры и функционирования, снижение ресурсного потенциала и биологического разнообразия территории.

Количественным показателем степени экологического риска принят КЭР, изменяющийся от 0 до 1, который рассчитывают на основе сведений о структурно-динамических, ресурсных, функциональных свойствах экосистем, их устойчивости к техногенным воздействиям. КЭР рассчитан по методике, разработанной в Институте географии РАН [Вильчек, 1997, и др.]. После того как для каждой экосистемы определены указанные параметры, интегральный КЭР можно рассчитать по формуле

$$\text{КЭР} = 0.04 N^2 + 0.1E - 0.05 (S + R) + 0.16, \quad (5.3)$$

где N , S , E и R — частные оценки ценности и устойчивости экосистем, баллы; N — природоохранная ценность; E — хозяйственная ценность; S — геохимическая устойчивость; R — биологическая устойчивость; числовые коэффициенты отражают значимость каждого параметра в интегральной оценке, свободный коэффициент 0.16 обеспечивает изменение КЭР в пределах от 0 до 1.

На рассматриваемой территории КЭР колеблется от 0.12 до 0.80. К категории природных комплексов с *наибольшим* КЭР отнесены следующие:

- заболоченные поймы рек с кустарниково-луговой растительностью на болотных торфяно-глеевых почвах,
- субгоризонтальные заболоченные надпойменно-террасовые участки под еловым лесом на заболоченных подзолистых почвах,
- возвышенные участки под сосновым и еловым лесами на дерново-сильноподзолистых почвах,
- заболоченные долины.



Рис. 5.9. Распределение КЭР по типам урочищ.

1—5 — градация КЭР: 1 — высокий (0.7—0.8), 2 — выше среднего (0.52—0.70), 3 — средний (0.42—0.52), 4 — ниже среднего (0.32—0.42), 5 — низкий (0.12—0.32).

Эти природные комплексы попали в разряд повышенного экологического риска из-за выполнения ими ценных природоохранных функций (ландшафтно-стабилизирующей и водоохранной).

Наименьший КЭР имеют урочища III надпойменной террасы с глубоким залеганием грунтовых вод и большим разнообразием ландшафтов и экосистем. Как правило, это урочища с луговой растительностью, обладающей способностью к быстрому восстановлению, и относительно ровным с небольшими уклонами рельефом, что снижает риск возникновения и развития эрозионных процессов.

Суммирование баллов по всем составляющим (компонентам) выделенных урочищ позволило создать интегральную тематическую карту ранжирования территории по признаку их устойчивости (рис. 5.9).

5.5. Ландшафтное разнообразие

Разнообразие ландшафта выступает как мера уровня сложности (организации) и сохранности природных систем, от которой в свою очередь зависит их способность противостоять нарушениям извне, т. е. способность к самовосста-

ТАБЛИЦА 5.6

Пример сводной таблицы интегрального слоя

Но- мер типа	Тип	Но- мер рода	Род	Но- мер вида	Вид	Тип_Род_Вид	Площадь, S, м ²
5	Высокие над- пойменные террасы с субгоризон- тальной по- верхностью (уклоны до 1°)	3	На песках и дерново- подзоли- стых почвах	3	Под листвен- ными леса- ми	5_3_3	23212.56
				2	Под еловыми лесами	5_3_2	370.792
2	Низкие над- пойменные террасы с субгоризон- тальной по- верхностью и незначи- тельными уклонами	2	На суглинках и торфяных отложениях и аллювиаль- но-болот- ных почвах	2	Под еловыми лесами	2_2_2	200.345
				3	На песках и дерново- подзоли- стых почвах	4	Под лугами и кустарника- ми

новлению. Превышение пределов данной способности приводит к деструкции эко- и геосистем и создает необходимость специальных затрат на их восстановление, намного превышающих затраты на простое поддержание их в стабильном состоянии [Реймерс, Штильмарк, 1978]. Очевидно, что более эффективно и дешевле обеспечить условия для естественной саморегуляции природных систем.

Для оценки ландшафтного разнообразия территории лучше всего подходят приемы теории информации. В картографические исследования теория информации пришла через биогеографию из биологии, изучающей процессы передачи информации в живых системах [Берлянт, 1986]. Применительно к нашей работе речь пойдет об использовании ее основной функции — *энтропии*:

$$E(A) = E(w_1, w_2, \dots, w_n) = -\sum_{i=1}^n w_i \log_2 w_i. \quad (5.4)$$

Применительно к картам, отражающим ландшафтную дифференциацию территории, в роли систем выступают ареалы (выделы) типологических комплексов, а функция энтропии описывает меру неоднородности (однородности) участка (выборки) по числу разностей выделов. Причем параметры энтропии можно отразить не только через число разностей ареалов, но и через отношение их площадей к площади всей выборки. Отсюда следует, что энтропия будет возрастать и приближаться к максимуму при равновероятном проявлении всех

ТАБЛИЦА 5.7

**Пример оглавления полей результирующей
таблицы расчета энтропии**

ID	Энтропия H
Идентификатор	Значения разнообразия, рассчитанные по каждой ячейке сетки

площадей выделов в пределах исследуемого участка. Тогда формула принимает следующий вид:

$$H = -\sum p_i \log p_i, \quad p_i = n_i / N, \quad (5.5)$$

где n_i — число выделов i -го типа на исследуемом участке, N — площадь исследуемого участка (выборки) в натуральных единицах.

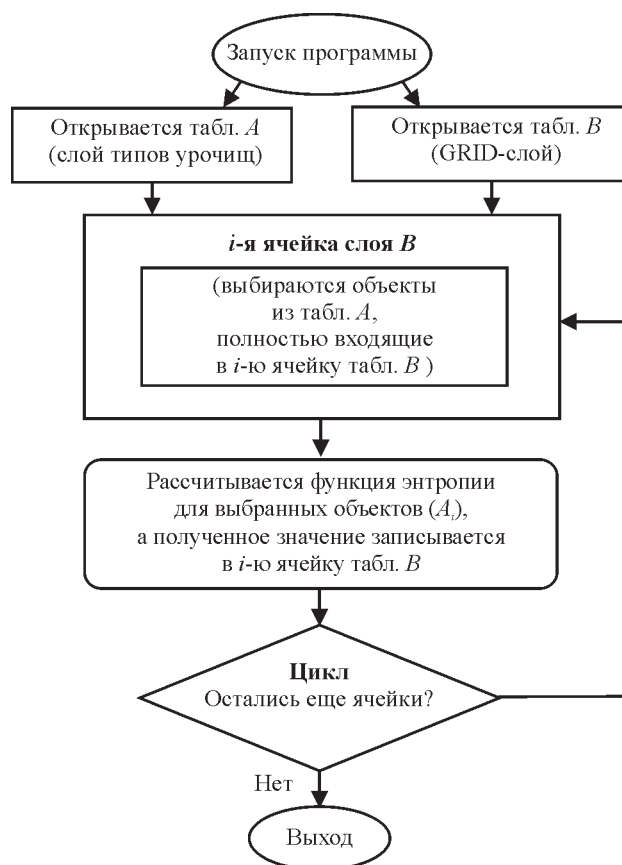


Рис. 5.10. Блок-схема программы.

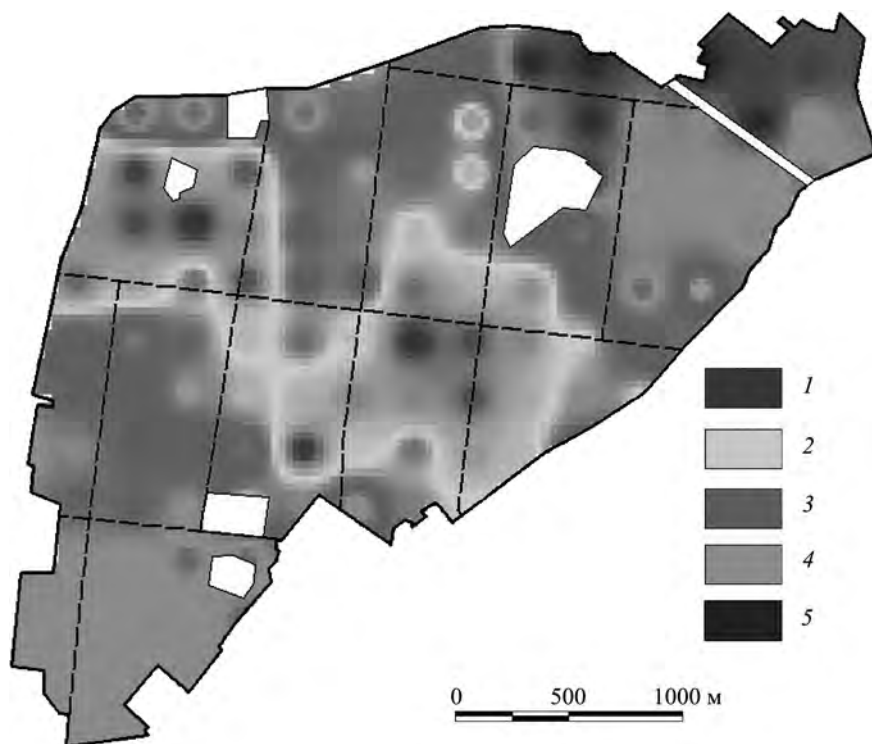


Рис. 5.11. Ландшафтное разнообразие Черняевского лесопарка.

1—5 — уровень ландшафтного разнообразия, ед. энтропии: 1 — высокий (2.91), 2 — выше среднего (1.91), 3 — средний (1.53), 4 — ниже среднего (1.02), 5 — низкий (0.11).

Функция может показывать не только абсолютную меру однородности и неоднородности, но и ее вариации в пределах рассматриваемой территории. Для этого необходимо исследуемую территорию поделить на равновеликие участки в виде регулярной сетки — GRID-слоя (грид-слоя) с заданным шагом.

Пространственные данные об изменении энтропии в пределах территории получены путем деления интегрального векторного слоя с объединенной базой данных, содержащей информацию по каждому компоненту и всевозможным вариациям их сочетаний, регулярной сеткой, на ячейки с последовательным подсчетом значений по каждой из них (табл. 5.6). Ячейки подобраны опытным путем, при этом выполнен ряд условий:

- ячейка не должна превышать средние размеры максимального по площади и однородного по условиям формирования и развития ареала (в пределах одного типа растительности, на одном и том же субстрате, в пределах одной мезоформы рельефа);

- ячейка должна быть больше или равна небольшим по размеру типологическим комплексам;

- регулярная сеть должна наилучшим образом вписываться в границы исследуемого региона; не должна мешать проявлению характерных черт и рисунка пространственной дифференциации участков с наибольшим разнообразием (например, повторению рисунка долинно-речных комплексов).

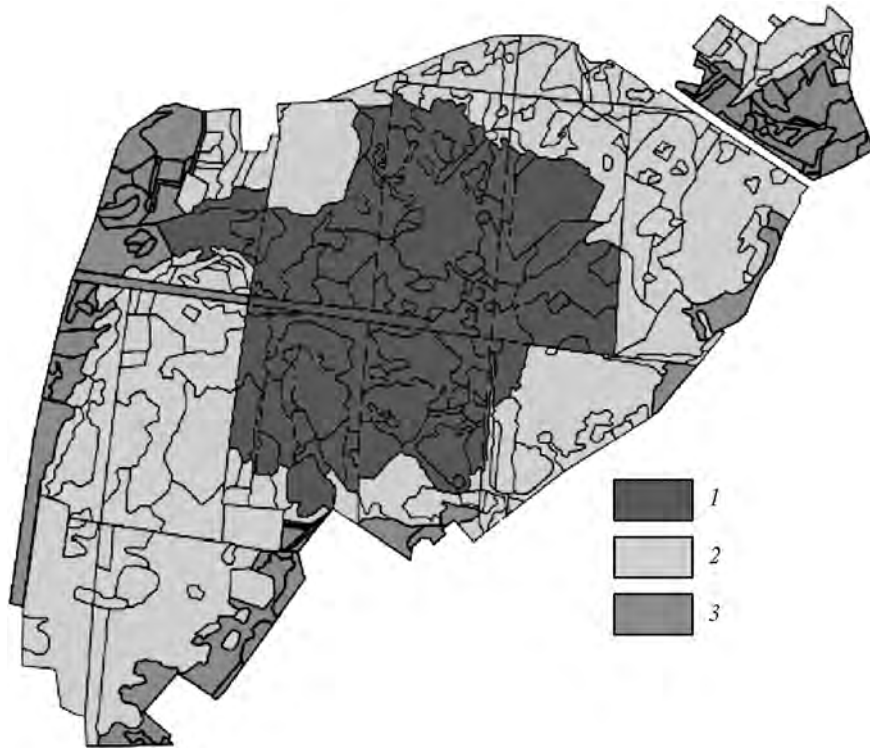


Рис. 5.12. Зонирование Черняевского лесопарка по напряженности экологической обстановки.

1—3 — зона благополучной, допустимой и напряженной обстановки соответственно.

В нашем случае площадь ячейки равна 250 м^2 , что примерно соответствует среднему размеру выявленных нами типов.

Интегральный векторный слой подвергнут процедуре деления регулярной сеткой. Результирующая карта построена на основе грид-слоя, для этого в его атрибутивную таблицу внесены соответствующие поля (табл. 5.7).

Программная обработка в среде MapBasic основана на последовательности выполняемых действий (алгоритме программы) и построена по циклической схеме (рис. 5.10) [Герасимов, 2006], блоки алгоритма выполняются до тех пор, пока не будет выполнено определенное условие. Обработанные данные можно представить и в табличной форме, и в графической (рис. 5.11).

5.6. Зонирование территории Черняевского лесопарка по напряженности экологической обстановки

Основой для составления интегральной карты (рис. 5.12) зонирования исследуемой территории послужили материалы комплексного обследования, содержащие данные по следующим характеристикам:

— загрязнению атмосферного воздуха;

- густоте гидрографической сети и наличию водоохраных зон;
- глубине залегания грунтовых вод;
- степени и периодичности увлажнения верхних почвенных горизонтов;
- степени природной защищенности грунтовых вод;
- направлению движения грунтовых вод;
- наличию водозаборов из грунтовых вод и областей питания;
- загрязнению поверхностных и подземных вод;
- санитарно-эпидемиологическому состоянию почв;
- санитарному состоянию древесных насаждений;
- таксационной характеристике древостоев;
- состоянию животного мира;
- ландшафтному разнообразию;
- устойчивости, проходимости, просматриваемости, доступность экосистем и др.

Зона с *благополучной* экологической обстановкой занимает 31 % площади лесопарка и находится в его центральной части, охватывая район с наиболее развитой гидрографической сетью. Здесь переувлажнение земель (заболачивание) прослеживается практически постоянно или сезонно (весной и в период дождей), грунтовые воды залегают близко к поверхности и не защищены от загрязнения. Растительность представлена в основном вторичными лиственными насаждениями с низкими рекреационными свойствами, низкой устойчивостью. Почвы относятся к категориям чистых с высокой буферностью. Отмечен минимальный уровень воздействия на загрязнение экосистем.

Зона с *допустимой* экологической обстановкой занимает 54 % общей площади лесопарка. Для нее характерны менее выраженная гидрографическая сеть, большая глубина залегания грунтовых вод и, следовательно, их защищенность. Эта зона подвержена внешним воздействиям, имеет хорошо развитую тропичную сеть. Сосновые насаждения сравнительно мало изменены под влиянием антропогенных воздействий.

Зона с *напряженной* экологической обстановкой имеет площадь, равную 15 % общей площади, расположена по периметру лесопарка. Для нее характерна наибольшая степень деградации растительного и почвенного покрова, загрязнение воздуха, поверхностных и грунтовых вод, значительная шумовая и рекреационная нагрузки, максимальная доступность для населения.

Таким образом, проектирование конкретных мероприятий по использованию и благоустройству лесопарка следует базировать на учете особенностей выделенных зон. Первоочередная задача — проведение работ по повышению устойчивости экосистем, *зоны напряженной экологической обстановки* и ее привлекательности. В *зоне с допустимой экологической обстановкой* хозяйственную деятельность следует направлять на сохранение имеющегося природно-ресурсного потенциала. Мероприятия в *зоне с благополучной экологической обстановкой* следует проводить с учетом ее уязвимости к любым внешним воздействиям.

ПАМЯТИ К. И. МАЛЕЕВА

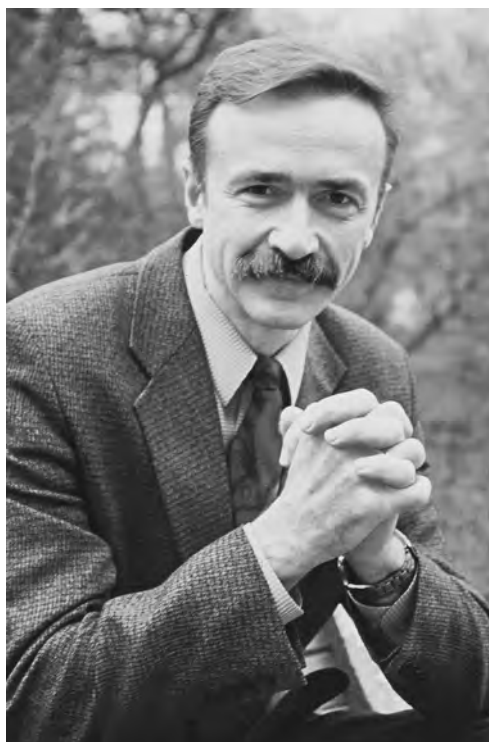
В ноябре 2010 г. безвременно ушел из жизни талантливый ученый, организатор и педагог, один из авторов настоящей монографии Кирилл Иванович Малеев (1951—2010).

Высшее образование по специальности «Биология» он получил в Пермском государственном университете, который закончил в 1974 г. Большое влияние на становление его как ученого оказало обучение в очной аспирантуре Ленинградского НИИ лесного хозяйства под руководством выдающегося ученого профессора С. А. Дыренкова. В 1985 г. в Ленинграде К. И. Малеев успешно защитил кандидатскую диссертацию.

В самом начале своей трудовой биографии, с 1974 по 1987 г., Кирилл Иванович приобрел обширные профессиональные навыки практика и научного сотрудника, работая в Ильинском лесхозе, Управлении лесного хозяйства, Пермской лесной опытной станции и Естественнонаучном институте ПГУ. Однако наиболее полно его высокий профессиональный потенциал проявился в педагогической деятельности, которая, без сомнения, была его призванием.

К. И. Малеев 14 лет проработал в Пермском государственном педагогическом университете. С 2001 г. трудился в Пермской государственной сельскохозяйственной академии, в которой с 2002 г. был деканом вновь созданного лесотехнического факультета. В становлении нового факультета, разработке и организации учебного процесса, создании материальной базы обучения ведущая роль принадлежит именно Кириллу Ивановичу.

В течение своей трудовой деятельности К. И. Малеев постоянно совершенствовался как ученый. Список его научных работ состоит более чем из 80 пуб-



ликаций, связанных с изучением природы и экологии Пермского края, проблемных вопросов охраны природы, влияния антропогенных факторов и т. п. В этих работах особенно ярко проявляется активная жизненная позиция Кирилла Ивановича, исполнение его гражданского долга ученого-биолога и эколога.

К. И. Малеев пользовался заслуженным авторитетом в научной среде Перми, Пермского края и за его пределами. Предприятия, организации и административные структуры часто привлекали его в качестве исследователя и эксперта для оценки проблемных ситуаций и вопросов в сфере экологии и охраны природы.

Дважды, в 1999 и в 2002 гг., Кирилл Иванович был награжден дипломами победителя областного конкурса «Экология. Человек года» за существенный вклад в дело охраны окружающей среды (за разработку закона Пермской области «Городские леса») и эколого-образовательную деятельность в высшей школе (организация подготовки в Пермском крае инженеров лесного хозяйства и садово-паркового и ландшафтного строительства).

К. И. Малеев много сил вкладывал в развитие довузовской подготовки и профессиональной ориентации школьников. С 1994 г. он руководил Естественнонаучной секцией при сельскохозяйственной академии, организовал и в течение 10 лет возглавлял учебно-практические экспедиции для ребят на биостанции «Верхняя Квазва», ежегодно проводил краевой конкурс «Юный лесничий».

Своим глубоким профессионализмом, эрудицией, талантом педагога и такими личностными качествами, как высокая самоотдача в работе, честность, человеческая порядочность, скромность и доброжелательность к людям, Кирилл Иванович завоевал высокий авторитет у студентов и коллег — сотрудников сельскохозяйственной академии, работников лесохозяйственных органов, лесоустройства, специалистов в области охраны окружающей среды и зеленого строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анненская Г. Н.* Морфологическое изучение географических ландшафтов // Ландшафтоведение. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5—28.
- Алексеев С. В., Груздева Н. В., Муравьев А. Г., Гущина Э. В.* Практикум по экологии. М.: Изд. АОМДС, 1996. 190 с.
- Барина С. С.* Устойчивость экосистем. Водные экосистемы. Системный подход. Оценка состояния и устойчивости экосистем. М.: Изд. ВНИИ природы, 1992. С. 92—101.
- Берлянт А. М.* Образ пространства: карта и информация. М.: Мысль, 1986.
- Бурак И. И., Грузневич А. П.* Методические указания к лабораторным занятиям по общей гигиене с экологией. Витебск: Изд. ВГМУ, 2000. 50 с.
- Васильев С. В.* Воздействие нефтегазодобывающей промышленности на лесные и болотные экосистемы. Новосибирск: Наука, 1998. 136 с.
- Васильевская В. Д.* Устойчивость почв к антропогенным воздействиям // Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1994. С. 61—79.
- Видина А. А.* Типологическая классификация морфологических частей ландшафта на равнинах // Ландшафтный сборник. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 50—102.
- Вильчек Г. Е.* Экология. Экономика. Правило: Практический курс экологических работ. М.: Изд. ИГ РАН, 1997. 200 с.
- Викторов С. В., Чикишев А. Г.* Ландшафтная индикация и ее практическое применение. М.: Изд-во МГУ, 1990.
- Виноградов Б. В.* Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
- Виноградов Б. В.* Основы ландшафтной экологии. М.: ГЕОС, 1998. 418 с.
- Винокуров Ю. И.* Ландшафтные индикаторы инженерно- и гидрологических условий предальпийских равнин. Новосибирск: Наука, 1980.
- Водогрецкий В. Е.* и др. Экспедиционные гидрологические исследования. Л.: Гидрометеоиздат, 1985.
- Вострокнутов Г. А.* Временное методическое руководство по проведению геохимических исследований при геоэкологических работах. Екатеринбург: Уралгеология, 1991. 137 с.
- Герасимов А. П.* Ландшафтный подход в формировании экологического каркаса территории (на примере Курганской области). Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Пермь: Пермский гос. ун-т, 2006.
- Глазовская М. А.* Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: Методическое пособие. М.: Изд-во МГУ, 1977. 102 с.
- Глазовская М. А.* Способность окружающей среды к самоочищению // Природа. 1979. № 3.
- Глазовская М. А.* Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости // Изв. РАН. Серия География. 1992. № 5. С. 5—12.
- Глазовская М. А.* Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во МГУ, 1997. 102 с.

- Глазовская М. А.* Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 2002.
- ГН 2.1.6.1338—03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Изд. Минздрава РФ, 2003.
- ГН 2.1.6.2309—07. Ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. М.: Изд. Минздрава РФ, 2007.
- ГН 2.1.5.1315—03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Изд. Минздрава РФ, 2003.
- Горчаковский П. Л.* Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли // Бот. журн. 1979. Т. 64, № 12. С. 1697—1714.
- Горчаковский П. Л.* Антропогенные изменения растительности // Экология. 1984. № 5. С. 3—16.
- ГОСТ 2761—84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. М.: Стандартинформ, 2006.
- ГОСТ 17.2.3.02—78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. М.: Изд. Госстандарта СССР, 1978.
- ГОСТ 17.4.3.01—83. Охрана природы. Почвы. М.: Изд. ФГУП «Стандартинформ», 2008.
- ГОСТ 17.4.4.02—84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Изд. ФГУП «Стандартинформ», 2008.
- ГОСТ 26207—91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992. 6 с.
- ГОСТ 26212—91. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1992. 5 с.
- ГОСТ 26213—91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Изд-во стандартов, 1992. 6 с.
- ГОСТ 5180—84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Изд. ФГУП «Стандартинформ», 2005. 17 с.
- ГОСТ 25584—90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. М.: Изд. ФГУП «Стандартинформ», 2008.
- ГОСТ 17.1.2.04—77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. М.: Изд. Госстандарта СССР, 1977. С. 51—62.
- ГОСТ Р-51592—2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Изд. ФГУП «Стандартинформ», 2005.
- ГОСТ 23337—78 (СТ СЭВ 2600—80). Шум, методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Изд-во стандартов, 1982. 20 с.
- Двинских С. А., Бельтюков Г. В.* Возможности использования системного подхода в изучении географических пространственно-временных образований. Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1992. С. 27—30.
- Девяткова Т. П.* Исследование водного режима крупных долинных водохранилищ (на примере Камских) на основе системно-диалектической методологии. Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Пермь: Пермский гос. ун-т, 1997. С. 8—42.
- Зятыкова Л. К.* Дистанционные исследования природных ресурсов и основы природопользования / Под ред. И. В. Лесных. Новосибирск: Изд. СГГА, 2002. 356 с.
- Израэль Ю. А.* Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеоиздат, 1984. 212 с.
- Исаченко А. Г.* Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1965.

- Исаченко А. Г.* Методы прикладных ландшафтных исследований. Л.: Наука, 1980.
- Исаченко Г. А.* Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 110 с.
- Исаченко А. Г.* Теория и методология географической науки. М.: Академия, 2004.
- Катаев В. Н., Щукова И. В.* Подземные воды города Перми. Пермь, 2006.
- Кочуров Б. И.* Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. Смоленск: Изд. Смоленского гос. ун-та, 1999.
- Кочуров Б. И., Иванов Ю. Г.* Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района // География и природные ресурсы, 1987. № 4. С. 49—54.
- Крауклис А. А.* Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979.
- Мамаев С. А.* Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 283 с.
- Мамаев С. А., Семкина Л. А.* Ассортимент древесных растений для озеленения населенных мест Среднего Урала. Свердловск: Асбест, 1991. 35 с.
- Максимович Г. А.* Химическая география вод суши. М.: Географгиз, 1955. 328 с.
- Методическое пособие по определению выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. СПб.: Изд. НИИ «Атмосфера», 1999.
- Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб.: Изд. НИИ «Атмосфера», 2002.
- Мильков Ф. Н.* Ландшафтная география и вопросы практики. М.: Мысль, 1966. 256 с.
- Мильков Ф. Н.* Рукотворные ландшафты: рассказ об антропогенных комплексах. М.: Мысль, 1978. 86 с.
- Михеев В. С.* Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. Новосибирск: Наука, 1987.
- Москаленко Н. Г.* Антропогенная динамика растительного покрова севера Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М.: Изд-во МГУ, 1991. 44 с.
- МУ 2.1.7.730—99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. М.: Изд. Минздрава РФ, 1999.
- Муравьев А. Г.* Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 3-е изд. СПб.: Крисмас +, 2004. 248 с.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6, ч. III. Л.: Гидрометеоиздат, 1958. 291 с.
- Николаев В. А.* Классификация и мелкомасштабное картографирование ландшафтов: курс лекций. М.: Изд-во МГУ, 1978.
- ОНД—86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятия. Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
- Осовецкий Б. М.* Минералогия мезокайнозоя Прикамья. Избранные труды. Пермь: Изд. ПГУ, ПСИ, ПССГК, 2004. 292 с.
- Охрана ландшафтов. М.: Прогресс, 1982.
- Практикум по агрохимии / Под ред. акад. РАСХН В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- Рациональное природопользование на северо-западе Сибири: Опыт решения проблем / Под ред. В. В. Козина, В. А. Осипова. Тюмень: Изд. Тюменского гос. ун-та, 1996.
- РД 24.032.01—91. Методические указания. Нормы качества питательной воды и пара, организация водно-химического режима и химического контроля паровых стационарных котлов-утилизаторов и энерготехнологических котлов. М.: Изд. Министерства тяжелого машиностроения СССР, 1991.
- Реймерс Н. Ф.* Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы. М.: Знание, 1980. 208 с.

- Реймерс Н. Ф.* Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.
- Реймерс Н. Ф.* Экология: теория, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994. С. 116—123.
- Реймерс Н. Ф.* Краткий словарь биологических терминов. Книга для учителя / 2-е изд. М.: Просвещение, 1995. 367 с.
- Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р.* Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль, 1978. 295 с.
- Руководство по контролю качества питьевой воды / 2-е аннотирован. изд. Т. 1. Женева: Изд. ВОЗ, 1994.
- СанПиН 2.1.4.1074—01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М.: Изд. ФГУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора, 2006. 104 с.
- СанПиН 2.1.4.559—96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы. М.: Изд. Госкомсанэпиднадзора РФ, 1996.
- СанПиН 2.1.7.1287—03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 2003.
- СанПиН 2.2.4/2.1.8.562—96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М.: Изд. Минздрава РФ, 1997.
- СанПиН 3.2.1333—03. Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации. М.: Изд. Минздрава РФ, 2003.
- Свирижев Ю. М., Логофет Д. О.* Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978. 352 с.
- Сергейчик С. А., Сергейчик А. А., Борсук Е. А.* Эколого-физиологическая оценка влияния формальдегида на ассимиляционные органы древесных растений // Изв. Национальной АН Беларуси. Серия биол. наук. 2008. № 3. С. 5—11.
- Состояние и охрана окружающей среды г. Перми в 2000—2007 гг.: Справочно-информационные материалы. Пермь: Изд. Управления по экологии и природопользованию администрации г. Перми, 2001—2008.
- Сочава В. Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978.
- Тарханов С. Н., Прожерина Н. А., Коновалов В. Н.* Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения. Диагностика состояния. Екатеринбург, 2004. 333 с.
- Тюрин И. В.* Новое видоизменение объемного метода определения гумуса с помощью хромовой кислоты // Почвоведение. 1931. № 6. С. 36—47.
- Фельдман Ю. Г.* Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха. М.: Медицина, 1975. 160 с.
- Цесельчук Ю. Н.* Кондиционность ландшафтной съемки в свете основных теоретических положений ландшафтоведения // Ландшафтоведение. М., 1963. С. 29—38.
- Шепель А. И.* Хищные птицы и совы Пермского Прикамья. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1992. 296 с.
- Шищенко П. Г.* Прикладная физическая география. Киев: Высшая школа, 1988.
- Щукова И. В.* Особенности вертикальной гидрогеохимической зональности на территории г. Перми // Материалы региональн. науч.-практ. конф. «Геология и полезные ископаемые Западного Урала». Пермь, 2005.

Научное издание

Двинских Светлана Александровна,
Максимович Николай Георгиевич,
Малеев Кирилл Иванович,
Ларченко Ольга Викторовна

ЭКОЛОГИЯ ЛЕСОПАРКОВОЙ ЗОНЫ ГОРОДА

Редактор издательства *А. Б. Иванова*
Художник *Е. В. Кудина*
Технический редактор *О. В. Новикова*
Корректоры *О. В. Гусихина* и *Н. И. Журавлева*
Компьютерная верстка *А. А. Бурениной*

Лицензия ИД № 02980 от 06 октября 2000 г.
Сдано в набор 13.01.11. Подписано к печати 30.03.11.
Формат 70 × 100 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 13.0. Уч.-изд. л. 12.1. С 60

Санкт-Петербургская издательская фирма «Наука» РАН
199034, Санкт-Петербург, Менделеевская линия, 1
E-mail: main@nauka.nw.ru
Internet: www.naukaspb.spb.ru

ISBN 978-5-02-025510-4



9 785 020 255 104

АДРЕСА КНИГОТОРГОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОРГОВОЙ ФИРМЫ «АКАДЕМКНИГА»

Магазины «Книга — почтой»

121009 Москва, Шубинский пер., 6; 241-02-52
197137 Санкт-Петербург, Петрозаводская ул., 7Б; (код 812) 235-40-64

Магазины «Академкнига» с указанием отделов «Книга — почтой»

690088 Владивосток-88, Океанский пр-т, 140 («Книга — почтой»);
(код 4232) 5-27-91
620151 Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»);
(код 3432) 55-10-03
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 298 («Книга — почтой»);
(код 3952) 46-56-20
660049 Красноярск, ул. Сурикова, 45; (код 3912) 27-03-90
220012 Минск, пр-т Независимости, 72; (код 10-375-17) 292-00-52,
292-46-52, 292-50-43
117312 Москва, ул. Вавилова, 55/7; 124-55-00
117192 Москва, Мичуринский пр-т, 12; 932-74-79
103054 Москва, Цветной бульвар, 21, строение 2; 921-55-96
103624 Москва, Б. Черкасский пер., 4; 298-33-73
630091 Новосибирск, Красный пр-т, 51; (код 3832) 21-15-60
630090 Новосибирск, Морской пр-т, 22 («Книга — почтой»);
(код 3832) 30-09-22
142292 Пушкино Московской обл., МКР «В», 1 («Книга — почтой»);
(13) 3-38-60

443022 Самара, пр-т Ленина, 2 («Книга — почтой»);
(код 8462) 37-10-60

191104 Санкт-Петербург, Литейный пр-т, 57; (код 812) 272-36-65
бук. 273-13-98

197110 Санкт-Петербург, Петрозаводская ул., 7Б; (код 812) 235-40-64

199034 Санкт-Петербург, Менделеевская линия, 1; (код 812) 328-38-12

199034 Санкт-Петербург, Васильевский остров, 9 линия, 16; (код 812)
323-34-62

634050 Томск, Набережная р. Ушайки, 18; (код 3822) 22-60-36

450059 Уфа-59, ул. Р. Зорге, 10 («Книга — почтой»); (код 3472) 24-47-74

450025 Уфа, ул. Коммунистическая, 49; (код 3472) 22-91-85

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

В работе допущены ошибки.

1. В основных используемых сокращениях: вместо *ДДЗ* должно быть *ДЗЗ*.
2. На стр. 60 в 6 абзаце сверху в место *с одержаться* должно быть *содержаться*.
3. На стр. 66 в абзаце 2 после двоеточия написано *всысоко* содержание меди... должно быть *высокое*.

В последнее время все большую значимость, актуальность и определенность приобретает экологическая направленность исследований окружающей среды, не только как объекта деятельности человека, но и необратимо изменяющегося в результате урбанизации территории. Основным при изучении этого вопроса является всесторонняя оценка воздействия инженерно - хозяйственной деятельности человека на природную геосистему, характер и масштабы этого воздействия, его последствия. Назначение лесопарков – сохранение экологически благоприятной природной среды для отдыха городского населения, с одной стороны, и сохранение ландшафтного разнообразия, обеспечивающего воспроизводство природной среды – с другой. На примере изучения лесопарковой территории ООПТ «Черняевский лес» отработана методика исследований и зонирования ландшафтов по степени их устойчивости к техногенным воздействиям.



ISBN 978-5-02-025527-2



9 785020 255272

