

УДК 502.13 (570.4)

С.А. Двинских, Н.Г. Максимович, Т.В. Зуева, О.В. Ларченко

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ  
КОМПОНЕНТОВ ООПТ «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕСОПАРК»**

Рассмотрен вклад абиотических факторов в формирование лесопарковых ландшафтов. Дана характеристика состояния атмосферного воздуха; рассмотрено шумовое и электромагнитное загрязнение окружающей среды; исследован химический состав поверхностных и грунтовых вод. На основе совместного анализа загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод проведено зонирование территории по напряженности экологической обстановки.

Ключевые слова: экологическое состояние; абиотические компоненты; загрязнение окружающей среды.

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 многих видов животных и растений. Для их сохранения создаются особо охраняемые природные территории. 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. 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».

Район ООПТ «Черняевский лесопарк» представляет собой лесной массив, на площади которого находятся лечебные учреждения (областной тубдиспансер, детская больница, госпиталь ветеранов войн), оздоровительные учреждения (дома отдыха, профилакторий), ипподром, парк культуры и отдыха. Общая площадь лесопарка составляет 689,9 га (рис.1).

Обширный лесной массив в черте города – редкость для таких больших промышленных городов, как Пермь. Удобное расположение лесопарка, наличие оборудованных пешеходных маршрутов, спортивные площадки, беговые дорожки, лыжные трассы (зимой) и развлекательный комплекс сделали Черняевский лес любимым местом отдыха горожан [4]. В настоящее время антропогенное воздействие значительно ухудшило состояние его абиотических компонентов.

---

© Двинских С.А., Максимович Н.Г., Зуева Т.В., Ларченко О.В., 2013

**Двинских Светлана Александровна**, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; hydrology@psu.ru

**Максимович Николай Георгиевич**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент по специальности «Геоэкология», заместитель директора по научно-исследовательской работе Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; nmax54@gmail.com

**Зуева Татьяна Вениаминовна**, кандидат медицинских наук, доцент Пермской государственной медицинской академии имени академика Е.А.Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия 614000, г. Пермь, ул. Куйбышева, 39; zueva48@mail.ru

**Ларченко Ольга Викторовна**, кандидат географических наук, доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; hydrology@psu.ru

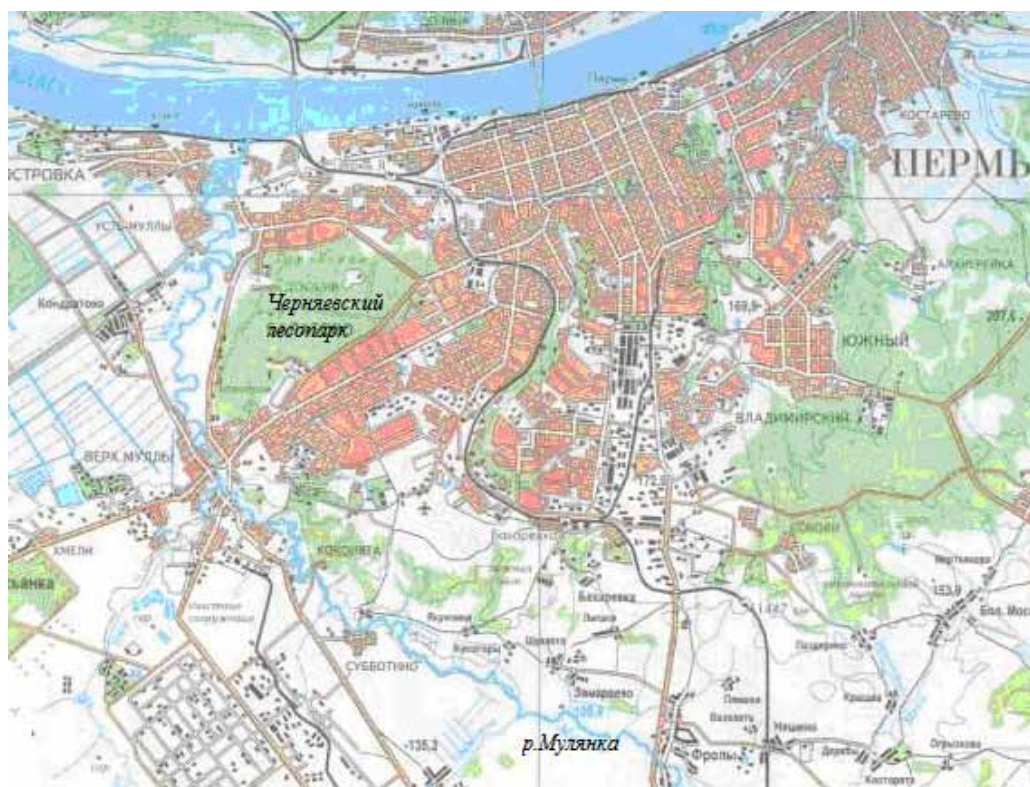


Рис. 1. Расположение Чернышевского лесопарка в пределах г.Перми

Цель нашего исследования – изучение экологического состояния абиотических компонентов ООПТ «Чернышевский лесопарк»: атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод.

В ходе исследования применялись следующие методы: полевое обследование, лабораторные анализы, камеральная и статистическая обработка полученных данных, математическое моделирование распространения загрязнения в атмосферном воздухе, картирование.

### Результаты исследований

**Атмосферный воздух.** Основными факторами загрязнения атмосферного воздуха являются стационарные (промышленные) и передвижные (автотранспорт) источники.

**Влияние выбросов стационарных источников** на химический состав атмосферного воздуха оценивался на основании сводных расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) предприятий города с использованием УПРЗА «ЭКОЛОГ-ГОРОД» версии 3.00, фирмы «ИНТЕГРАЛ» в соответствии с [3].

Сводные расчеты позволяют оценить концентрацию загрязняющего вещества в заданных контрольных точках с учетом влияния всех источников загрязнения атмосферы города, расположенных на территории рассматриваемого города и выбрасывающих аналогичные вещества. Используемая в расчетах база данных содержит сведения о 1239 источниках выбросов, принадлежащих 456 предприятиям г. Перми; 419 загрязняющих примесей, а также 41 группе веществ с эффектом суммации вредного действия.

Фоновые концентрации загрязняющих веществ определялись по данным наблюдений поста, расположенного на улице Связьева, 52 (табл. 1).

Размер расчетного прямоугольника при проведении сводных расчетов загрязнения атмосферы принят 4 x 4 км с шагом расчетной сетки 100 м. Количество расчетных узлов сетки составило 1600. Соблюдение санитарно-гигиенических критериев качества атмосферного воздуха проверялось в контрольных точках по периметру лесопарка, заданных с шагом 100 м, общее количество контрольных точек – 121.

Таблица 1

**Фоновые концентрации загрязняющих веществ, мг/м<sup>3</sup>**

Наименование вещества	Концентрации веществ при разных направлениях ветра				
	Штиль	Север	Восток	Юг	Запад
Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,069	0,061	0,06	0,09	0,066
Аммиак	0,048	0,037	0,051	0,040	0,043
Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,004	0,003	0,007	0,007	0,003
Углерод оксид	2,63	1,94	1,94	1,96	2,19
Бензол	0,040	0,039	0,033	0,047	0,041
Ксилолы	0,071	0,064	0,053	0,071	0,073
Толуол	0,039	0,026	0,033	0,047	0,041
Фенол	0,004	0,005	0,004	0,005	0,005

Перечень веществ, используемых при проведении расчетов, представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Перечень веществ для проведения сводных расчетов**

Наименование вещества	ПДК		Количество источников выбросов	Валовый выброс, т/год
	Тип	Значение, мг/м <sup>3</sup>		
Железа оксид	ПДК с/с	4*	2451	148,7
Азот (IV) оксид (Азота диоксид)	ПДК м/р	0,2	2788	11136,9
Аммиак	ПДК м/р	0,2	298	1336,1
Сера диоксид	ПДК м/р	0,5	1890	7827,7
Углерод оксид	ПДК м/р	5	3077	19109,9
Бензол	ПДК м/р	0,3	490	140,5
Диметилбензол (Ксилол) (смесь изомеров о-, м-, п-)	ПДК м/р	0,2	894	194,6
Метилбензол (Толуол)	ПДК м/р	0,6	1018	254,1
Гидроксibenзол (Фенол)	ПДК м/р	0,01	224	7,2
Формальдегид	ПДК м/р	0,035	155	3,7

\*Значение, принятое в расчетах

Метеорологические характеристики, используемые при расчете рассеивания загрязняющих веществ, приведены в табл. 3. Подбор скоростей ветра производится автоматически по специальному алгоритму, используемому в программе «Эколог-Город». Алгоритм осуществляет оптимальный перебор скоростей ветра (от 0,5 м/с до U\*1) и гарантирует наиболее точный подбор опасной скорости ветра. Направления ветра при расчете задаются от 0 до 360 градусов с шагом 1 градус.

Таблица 3

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

<i>Наименование характеристик</i>	<i>Величина</i>
Коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы, А	160,0
Коэффициент рельефа местности	1,0
Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, Т, °С	24,2
Средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца года, Т, °С	-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

Анализ результатов сводных расчетов рассеивания приведен в табл. 4.

Таблица 4

**Результаты расчетов рассеивания загрязняющих веществ в пределах территории Черняевского лесопарка**

№ n/n	<i>Наименование вещества</i>	<i>Координаты точек максимума</i>		<i>Значение максимальной приземной концентрации (с учетом фона), доли ПДК</i>
		<i>X, м</i>	<i>Y, м</i>	
1	Железа оксид*	-3283	-2614	0,15
2	Азота диоксид	-3895	-2297	0,67
3	Аммиак	-3614	-2390	0,28
4	Серы диоксид	-4555	-2512	0,26
5	Углерода оксид	-3895	-2297	0,85
6	Бензол	-5854	-5699	0,23
7	Диметилбензол (ксилол)	-4277	-2400	0,44
8	Метилбензол (толуол)	-5787	-5672	0,12
9	Гидроксibenзол (фенол)	-6040	-5682	0,53
10	Формальдегид*	-4501	-4645	0,01

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

Расчет рассеивания показал, 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, углерода оксиду – 0,85 ПДК.

Распределение полей рассеивания свидетельствует о снижении концентраций загрязняющих веществ с удалением от источников загрязнения вглубь лесного массива.

**Загрязнение от передвижных источников.** Черняевский лесопарк по всему периметру окружен автомагистралями с интенсивным движением автотранспорта различной категории (легковой автотранспорт, грузовой автотранспорт и автобусы): с севера – ул. Подлесная, с юго-востока – ул. Шоссе Космонавтов, с запада – ул. Встречная. На указанных магистралях для расчетов выбросов загрязняющих веществ выбрано семь мест (табл. 5).

Таблица 5

**Участки и регулируемые перекрестки для расчетов выбросов  
загрязняющих веществ от автотранспорта**

Номер	Наименование участков и перекрестков
1	ул. Встречная – ул. Ш. Космонавтов
2	ул. Ш. Космонавтов – ул. З. Космодемьянской
3	ул. Пожарского – ул. Встречная
4	ул. Подлесная – ул. Б. Игнатовых
5	ул. Б. Игнатовых – ул. Качалова
6	ул. Качалова – ул. Леонова
7	ул. Связьева – ул. Леонова

Суммарные выбросы ( $M$ , г/сек) загрязняющих веществ от автотранспортного потока для автомагистрали (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка рассчитывались по формуле 1 [2]:

$$M = \sum_1^n (M_{\Pi_1} + M_{\Pi_2}) + M_{L_1} + M_{L_2} + \sum_1^m (M_{\Pi_3} + M_{\Pi_4}) + M_{L_3} + M_{L_4}, \quad (1)$$

где  $M_{\Pi_1}$ ,  $M_{\Pi_2}$ ,  $M_{\Pi_3}$ ,  $M_{\Pi_4}$  – выброс в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора;  $M_{L_1}$ ,  $M_{L_2}$ ,  $M_{L_3}$ ,  $M_{L_4}$  – выброс в атмосферу автомобилями, движущимися по данной автомагистрали в рассматриваемый период времени;  $n$  и  $m$  – число остановок автотранспортного потока перед перекрестком соответственно на одной и другой улицах его образующих за 20-минутный период времени; индексы 1 и 2 соответствуют каждому из двух направлений движения на автомагистрали с большей интенсивностью движения, а 3 и 4 – соответственно для автомагистрали с меньшей интенсивностью движения.

Выброс  $i$ -го загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью  $L$  (км) определялся по формуле

$$M_{L_i} = \frac{L}{3600} \sum_1^k M_{k,i}^{\Pi} \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}}, \quad (2)$$

где  $M_{k,i}^{\Pi}$  (г/км) – пробеговый выброс  $i$ -го вредного вещества автомобилями  $k$ -й группы для городских условий эксплуатации (определяется по табл. II.1 [2]);  $k$  – количество групп автомобилей;  $G_k$  (1/час) – фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из  $K$  групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения;  $r_{V_{k,i}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока ( $V_{k,i}$  (км/час) на выбранной автомагистрали (или ее участке) (определяется по табл. II.2, представленной в [12]);  $\frac{1}{3600}$  – коэффициент пересчета «час» в «сек»;  $L$  (км) – протяженность автомагистрали (или ее участка), из которого исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования).

Выброс  $i$ -го загрязняющего вещества в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора определялся как

$$M_{\Pi_i} = \frac{P}{40} \sum_{n=1}^{N_{\Pi}} \sum_{k=1}^{N_{\Pi}} (M'_{\Pi_{i,k}} \cdot G_{k,n}), \text{ г/мин}, \quad (3)$$

где  $P$  (мин) – продолжительность действия запрещающего сигнала светофора (включая желтый цвет);  $N_{\text{ц}}$  – количество циклов действия запрещающего сигнала светофора за 20-минутный период времени;  $N_{\text{гр}}$  – количество групп автомобилей;  $M'_{\text{П},k}$  (г/мин) – удельный выброс  $i$ -го ЗВ автомобилями,  $k$ -ой группы, находящихся в «очереди» у запрещающего сигнала светофора (определяется по табл.П.3 [2]);  $G_{k,n}$  – количество автомобилей  $k$ -ой группы, находящихся в «очереди» в зоне перекрестка в конце  $n$ -го цикла запрещающего сигнала светофора. Результаты расчета приведены в табл. 6.

Таблица 6

**Максимальные выбросы от автотранспортных потоков в час пик**

Загрязняющее вещество	Критерии качества атмосферного воздуха			Выбросы (г/с) на автомагистралях		
	ПДК <sub>м.р.</sub> ОБУВ, мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>с.с.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Встречная	Подлесная	Шоссе Космонавтов
NO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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

При проведении расчетов рассеивания загрязняющих веществ учитывались метеорологические параметры, приведенные в табл. 7.

Таблица 7

**Метеорологические параметры**

Средняя температура наружного воздуха самого жаркого месяца	24,4 °С
Средняя температура наружного воздуха самого холодного месяца	-16,5 °С
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы А	160
Максимальная скорость ветра в данной местности (повторяемость превышения в пределах 5%)	6 м/с

Расчеты приземных концентраций проводились в городской системе координат. Размер расчетного прямоугольника принят 4000 x 4500 м с шагом сетки 50 м. Анализ расчетов рассеивания проводился для теплого периода года. Основные результаты расчетов рассеивания представлены в табл. 8.

Таблица 8

**Уровень загрязнения атмосферы при эксплуатации автотранспорта по максимальным концентрациям загрязняющих веществ, мг/м<sup>3</sup>**

Наименование вещества	Расчетная максимальная концентрация	
	доли ПДК	мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	10,24	2,05
NO	0,83	0,33
Сажа	0,14	0,02
SO <sub>2</sub>	0,25	0,13
CO	3,15	15,75
Бензин	0,36	1,8
Керосин	0,23	0,28

Анализ полученных результатов показал, что максимальный уровень загрязнения атмосферного воздуха создается по  $\text{NO}_2$  и  $\text{CO}$ , соответственно составляет 10,24 ПДК ( $2,05 \text{ мг/м}^3$ ) и 3,15 ПДК ( $15,75 \text{ мг/м}^3$ ). Он формируется вдоль транспортных магистралей в районе участков с интенсивным движением (рис. 2). По мере удаления от дороги уровень загрязнения существенно уменьшается и достигает нормативных значений по  $\text{CO}$  – на удалении до 60 м, по  $\text{NO}_2$  – на удалении до 300 м. По остальным загрязняющим веществам расчетный максимальный уровень загрязнения не превышает 0,85 ПДК.

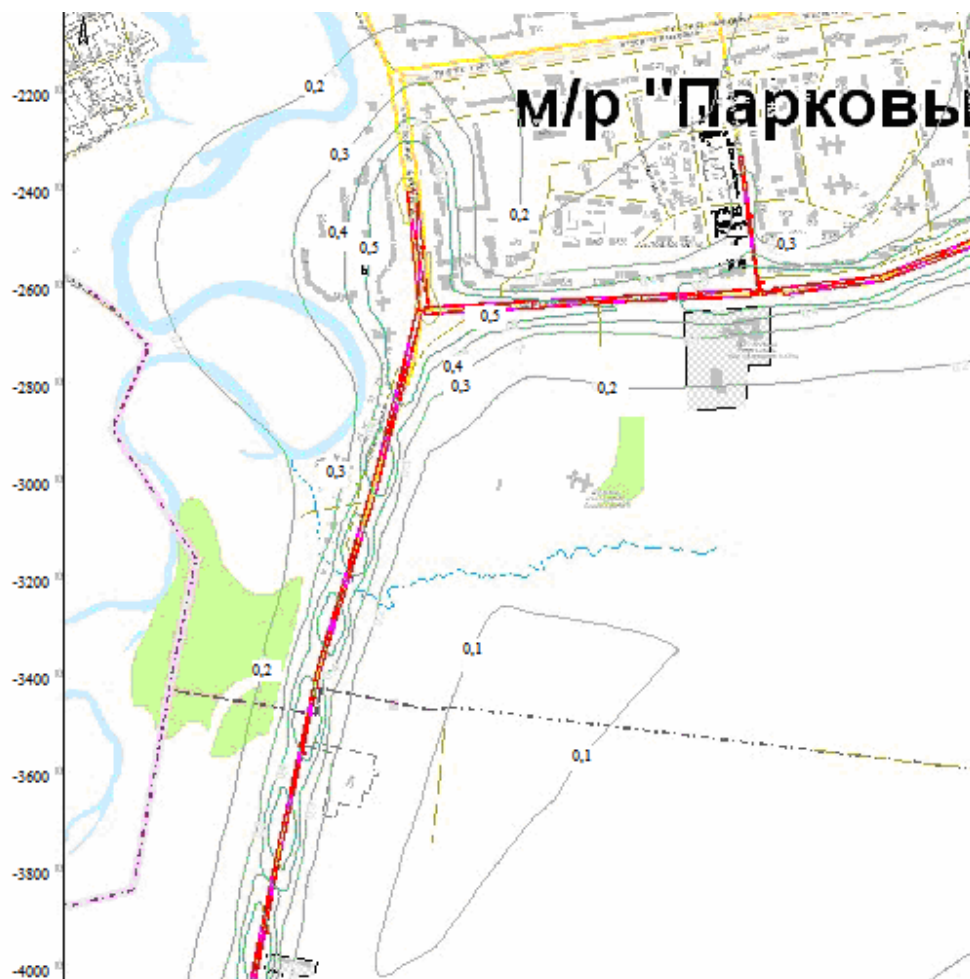


Рис. 2. Распределение изолиний концентраций углерода оксида (фрагмент) [1]

**Шумовое и электромагнитное загрязнение.** Автотранспортные потоки являются не только источниками химического, но и шумового загрязнения Черняевского лесопарка [5]. Для определения современного состояния шумового загрязнения проведено изучение интенсивности и структуры транспортных потоков в четырех точках, расположенных по периметру лесопарка: точка № 1 – по Шоссе Космонавтов на участке ул. Леонова – ул. Качалова; точка № 2 – на ул. Подлесная, на участке Шоссе Космонавтов – ул. Зои Космодемьянской (в районе остановочного комплекса «Парк культуры и отдыха» (ПКиО)); точка № 3 – на ул. Подлесная, на участке ул. Пожарского – ул. Желябова, точка № 4 – на ул. Встречная.

Результаты натурных наблюдений по сезонам года в рабочие и выходные дни представлены в табл. 9 и на рис. 3.

Таблица 9

**Интенсивность транспортного потока по сезонам года в среднем за день  
в выходные и рабочие дни, тр.ед/час**

Точки наблюдения	Время наблюдения	Количество транспортных единиц в час				В среднем по сезону
		Осень	Зима	Весна	Лето	
№1: Шоссе Космонавтов (ул. Леонова – ул. Качалова)	рабочий день	2332	2746	2716	2870	2666
	выходной день	1792	1797	2296	1892	1944
№2: ул. Подлесная (остановочный комплекс «ПКиО»)	рабочий день	1848	1974	1850	1962	1908
	выходной день	1229	1456	1912	1174	1443
№3: ул. Подлесная (ул. Пожарского – ул. Желябова)	рабочий день	1766	1186	1368	1254	1394
	выходной день	1198	832	1108	664	950
№ 4: ул. Встречная	рабочий день	1150	1316	1272	1348	1272
	выходной день	878	616	1040	608	786

Анализ результатов наблюдений показал, что средняя по сезонам интенсивность транспортных потоков в рабочий день колеблется от 2666 (точка №1) до 1272 (точка № 4) автотранспортных единиц в час. В этих же точках отмечается и наибольшая интенсивность транспортных потоков, наименьшая – на ул. Встречная (точка №4) в осенний период. В нерабочий день интенсивность движения автотранспорта по сравнению с рабочим днем меньше в среднем в 1,3-1,6 раза.

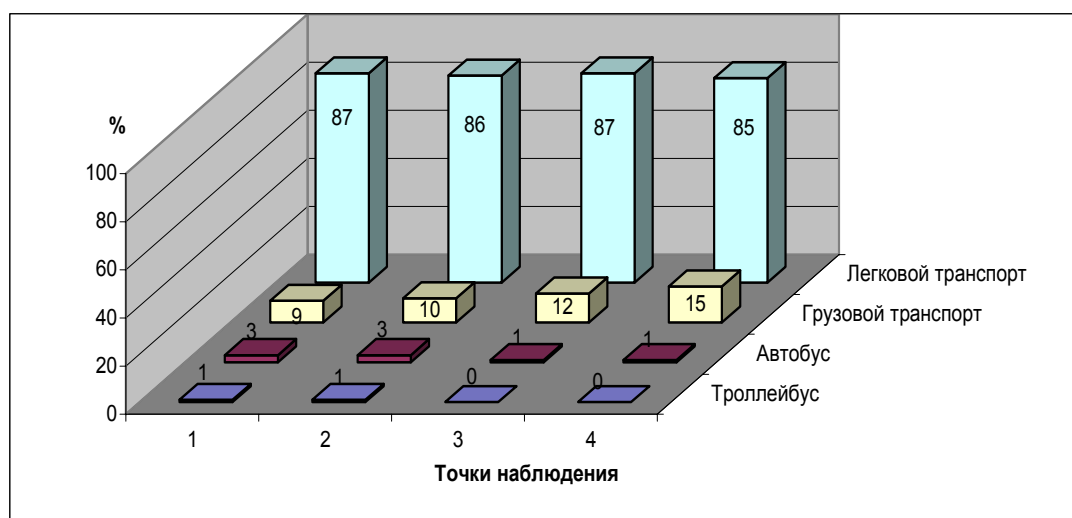


Рис. 3. Структура транспортного потока в точках наблюдения по средним значениям, %

В структуре транспортных потоков легковой автомобильный транспорт составляет в среднем 85-87%, грузовой – 9-15% с тенденцией роста его доли от точки № 1 к точке № 2, городской общественный транспорт (автобусы, троллейбусы) – 1-4%.

Замеры уровней шума на автомагистралях проведены в этих же точках. Результаты измерения уровней звука представлены в табл. 10.



Таблица 10

**Эквивалентный уровень ( $h_{\text{экв}}$ ) и максимальный уровень звука ( $h_{\text{max}}$ )  
на территории ООПТ «Черняевский лесопарк», дБА**

Точки измерения	Уровень	Расстояние от оси полосы движения автотранспорта в сторону леса, м					
		7,5	15	60	240	480	960
№ 1 – Шоссе Космонавтов (ул. Леонова – ул. Качалова)	- $h_{\text{экв}}$	75,0	72,0	70,0	65,0	61,3	53,0
	- $h_{\text{max}}$	88,0	86,0	83,0	60,5		57,0
№ 2 – ул. Подлесная (остановочный комплекс «ПКиО»)	- $h_{\text{экв}}$	72,0	69,0	65,0	61,0	60,0	52,0
	- $h_{\text{max}}$	84,0	82,0	77,5	61,0		54,0
№ 3 – ул. Подлесная (ул. Пожарского – ул. Желябова)	- $h_{\text{экв}}$	68,0	66,0	63,5	58,8	57,8	52,0
	- $h_{\text{max}}$	76,0	73,5	69,0	60,0		54,0
№ 4 – ул. Встречная	- $h_{\text{экв}}$	72,0	70,0	66,0	60,0	59,0	52,0
	- $h_{\text{max}}$	84,0	82,0	78,9	60,0		55,0

Эквивалентные уровни звука на расстоянии 7,5 м от оси проезжей части автомагистралей во всех точках составляли 68-75 дБА при максимальных значениях 74-88 дБА, которые значительно превышают допустимые (45-55 дБА и 60-70 дБА соответственно) для площадок отдыха на селитебной территории. С расстоянием от дороги числовые значения уровней звука снижаются в среднем на 2-5 дБА и уже на расстоянии 240 м и 460 м от оси проезжей части автомагистралей становятся на 10-12,0 дБА ниже, чем на расстоянии 7,5 м от автомагистралей. Только на расстоянии 960 м в сторону лесного массива эквивалентные и максимальные уровни звука (52,0-53,0 дБА и 54,0-57,0 дБА соответственно) достигают значений, не превышающих санитарных требований.

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 дБА до 90 дБА, причем наибольшая частота приходится на диапазон значений от 62,5 дБА до 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 дБА до 57,5 дБА, причем наибольшая частота приходится на диапазон значений от 50 дБА до 55 дБА.

Электромагнитное загрязнение окружающей среды является объективной реальностью и приобретает все большие масштабы. К источникам электромагнитных полей (ЭВМ) в Черняевском лесопарке относятся линии электропередачи, подстанции и электротранспорт [5].

Результаты замеров уровней ЭВМ на территории лесопарка, проведенных в тех же точках, где проводилось наблюдение за интенсивностью транспортных потоков, не показали превышения электромагнитного излучения по напряженности электрического поля (E) ни на расстоянии 7,5 м от полосы движения транспорта, ни на расстоянии 100 м (табл. 11).

Таблица 11

**Результаты измерения уровней ЭМИ РЧ, В/м**

Точки измерения	Расстояние от полосы движения автотранспорта в сторону леса, м				ПДУ 30-300 МГц
	7,5		100		
	осень	лето	осень	лето	
№ 1	>0,5 max 1,1	>0,5 max 1,1	>0,5 max 1,1	>0,5 max 1,2	3
№ 2	>0,5 max 2,3	>0,5 max 2,2	>0,5 max 2,2	>0,5 max 2,1	3
№ 3	>0,5 max 1,9	>0,5 max 1,8	>0,5 max 1,8	>0,5 max 1,9	3
№ 4	>0,5 max 1,7	>0,5 max 1,8	>0,5 max 1,8	>0,5 max 1,8	3

Результаты замеров уровней ЭМИ в районе воздушных линий электропередач (ЛЭП) на территории лесопарка также свидетельствуют, что электромагнитные излучения по напряженности электрического поля (Е) под провисшим проводом и в охранной зоне вдоль ЛЭП на расстоянии до 25 м в обе стороны находятся в пределах санитарных норм, т.е. не более 5 кВ/м, которые установлены для населенной местности, вне зоны жилой застройки.

В границах Черняевского лесопарка отсутствуют источники радиоактивного загрязнения и радиационных аномалий. Радиационная обстановка спокойна, характеризуется относительно равномерным гамма-фоном. Среднее значение мощности эквивалентной дозы (МЭД) составляет 0,106 мкЗв/час с колебаниями от 0,07 до 0,136 мкЗв/ч, что характерно для региона в целом.

Для оценки загрязнения атмосферного воздуха изучено загрязнение атмосферных осадков. В ходе снегомерной съемки точки отбора проб снега были практически равномерно распределены по территории лесопарка. В ходе химического анализа проб определялось 14 компонентов: гидрокарбонаты, железо (общее), жесткость, нитрат-ионы, нитрит-ионы, водородный показатель, сульфаты, сухой остаток, фосфаты, хлориды, медь, кальций, магний, калий, натрий и общая минерализация.

Характеристики ряда компонентов практически не изменяются по территории: содержание железа во всех пробах не превышает 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; концентрация гидрокарбонатов – 10 мг/дм<sup>3</sup>, жесткость – менее 0,318 ммоль/дм<sup>3</sup>; концентрация нитрит-ионов – менее 0,2 мг/дм<sup>3</sup>; сульфатов – 4,5 мг/дм<sup>3</sup>; калия – 2,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Установлены высокое содержание меди (3-10ПДК) и нефтепродуктов (1,3-14 ПДК), значительные превышения ПДК по фосфатам (1,9-5,5ПДК), свинцу (1,4-6,7ПДК) и незначительные превышения по нитрит-иону (1,2-2,1ПДК). Во всех точках отмечено превышение содержания биохимического потребления кислорода по ПДК (в 1,1-3,8 раза).

Помимо определения концентраций главных компонентов химического состава атмосферных осадков и, как следствие, снежного покрова, исследовано содержание микроэлементов. Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах.

В ходе анализа проб, взятых на территории Черняевского лесопарка, было определено содержание следующих солей 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. Анализ данных показал, что содержания солей тяжелых и редкоземельных металлов не превышают своих ПДК. Однако в северо-восточной части исследуемой территории наблюдается повышение их концентраций, причиной чего является интенсивное движение автотранспорта и перенос ЗВ с промышленных предприятий города благодаря господствующим ветрам юго-западного направления.

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

- уменьшение концентраций от дороги вглубь участка до границы *поле – лес*;
- на границе *поле – лес* наблюдается скачкообразное возрастание концентраций, что обусловлено аккумуляющей способностью лесного массива;
- наблюдается возрастание концентрации ряда компонентов на участке изменения уклона поверхности, в районе редколесья.

#### **Поверхностные воды**

Исследование химического состава поверхностных вод проводилось в пяти точках по 27 показателям (табл.12).

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

На участках со слабопроточной водой отмечается превышение санитарно-гигиенических норм ПДК по некоторым компонентам: общая минерализация составляет 1,27 ПДК, SO<sub>4</sub> – 1,15 ПДК, Ca – 1,49 ПДК, NH<sub>4</sub> – 1,27 ПДК, железо общее – 9,4 ПДК.

Таблица 12

## Результаты анализов поверхностных вод в ед. ПДКр/х (фрагмент)

Место отбора	Аммоний-ион	Биохимическое потребление кислорода	Железо (общее)	Кадмий	Кальций	Медь	Сульфаты	Сухой остаток	Свинец	Фосфаты
Ручей	0,75	1,2	1,26	1,48	0,81	4,88	0,48	0,54	1,3	11,4
Стоячая вода (старый дренаж)	2,71	2,91	1,96	–	0,89	6,88	0,69	0,7	0,85	7,46
Болото	1,1	3,07	1,54	–	2,18	4,51	1,74	1,22	0,97	7,06
Ручей у госпиталя	–	0,84	–	–	0,7	3,01	0,28	0,51	0,42	12,59
У дороги	0,13	0,29	1,91	–	0,73	4,76	0,2	0,42	1,02	10,38

\*Цветом выделено превышение ПДК

Химический состав водной поверхности заболоченного участка значительно отличается от рек. Подобное может быть связано с иными условиями формирования поверхностного стока. Вероятно, большая часть водной поверхности заболоченной территории формируется благодаря стеканию в низину талых вод с городской территории, в пределах которой дороги посыпаются солью или материалом, содержащим ее. В результате отмечается высокая минерализация и значительное содержание твердого осадка. Обращает на себя внимание и формирование здесь сульфатной фации. Преобладание сульфатного иона можно объяснить происхождением изучаемых вод за счет таяния снега и смыва веществ с территории ипподрома и близрасположенного автосервиса. По данным Г.А. Максимовича (1955), в пределах Пермской области атмосферные осадки имеют сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый или гидрокарбонатно-кальциевый состав. В работах Т.А. Баранова (1989) и С.А. Двинских, Г.В. Бельтюкова (1992) также подтверждается, что в результате антропогенного воздействия основными компонентами минерального состава атмосферных осадков являются ионы  $\text{NH}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ . По данным проведенных анализов значительное содержание  $\text{NH}_4$  отмечается в слабопроточном водном объекте (болото, проба №1) – 1,9 мг/л.  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  и  $\text{SO}_4$  встречается во всех пробах, но ПДК не превышают.

Формирование химического состава поверхностных вод на изучаемой территории происходит 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 (объекты автосервиса), о чем свидетельствует наличие нефтепродуктов в местах отбора проб, расположенных у дорог, – 33,2 мг/л, что составляет 111 долей ПДК. Еще одним источником поступления нефтепродуктов является сток с юго-западной территории, занятой гаражами, и с дорожной автомагистрали.

В постоянных водотоках превышения ПДК отмечены по меди (3-7 ПДК), фосфатам (7-12, 6 ПДК), кальцию (2 ПДК), БПК (1-3 ПДК). 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 ПДК).

Все соли тяжелых и редкоземельных металлов, которые лимитируются нормативным документом ГН 2.1.5.1315-03, не превышают своих ПДК, за исключением хрома (50 -62 мкг/л при ПДК 50 мкг/л).

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

В целом, несмотря на близость города, Черняевский лесной массив работает в роли своеобразного фильтра.

**Грунтовые воды** практически на всей территории не защищены от поверхностного загрязнения.

Это обусловлено неглубоким их залеганием и высокой проницаемостью пород. Структура потока имеет свои особенности, обуславливающие подтопление и заболачивание территории. Несмотря на различие состава грунтов и расчлененность рельефа поток имеет равномерную структуру и направлен на северо-восток. Это приводит к формированию в понижениях рельефа областей ( $1,65 \text{ км}^2$ ) выхода подземных вод на поверхность и образованию заболоченных участков. В пределах парка существует обширная зона ( $4,46 \text{ км}^2$ ), где грунтовые воды залегают на глубине менее 2 м.

Область питания грунтовых вод находится на территории города, где неизбежно происходит их загрязнение, а разгрузка идет в р.Мулянка (рис.4). В пределах самой территории парка питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Это обуславливает попадание в них загрязнителей, накопившихся в снеге и содержащихся в дождевых водах.

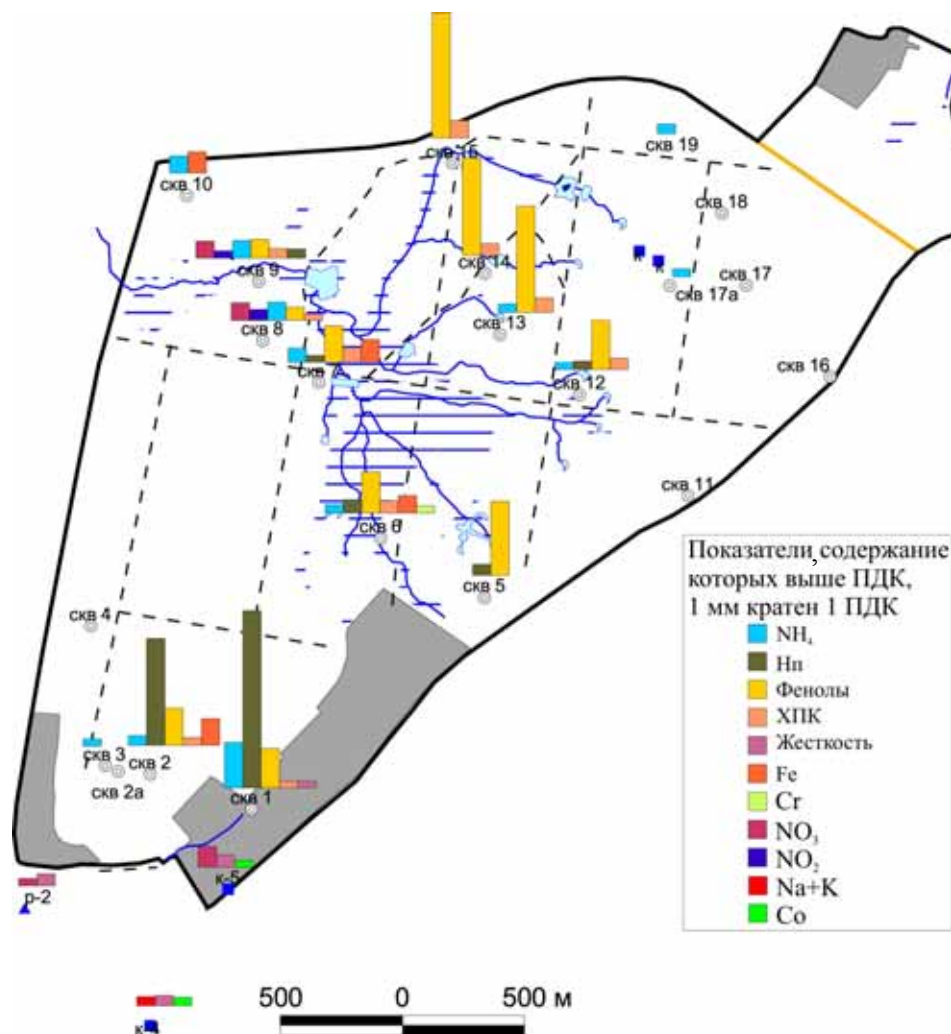


Рис. 4. Схематическая карта загрязнения грунтовых вод Черняевского лесопарка

Для характеристики их химического состава было пробурено 19 скважин. Анализ проб показал, что грунтовые воды пресные (сухой остаток  $104-646 \text{ мг/дм}^3$ ), водородный показатель изменяется в пределах 7,4-5,49, т. е. имеет значения, соответствующие нормальной, реже слабокислой среде. В ионном составе преобладают гидрокарбонаты и кальций, реже сульфаты и натрий. Для ряда участков характерно азотное загрязнение. Концентрации аммония превышают предельно допустимые значения в 1,1-7,5. В долине р. Костянка, на левобережном склоне, вскрыли грунтовые воды с повышенным содержанием нитратов (2,2-2,9 ПДК), нитритов (1,2-1,8 ПДК), аммония (2,9 ПДК). Отмечается превышение ПДК по железу (2,1-4,4 ПДК) и фенолу (2,2-20,6 ПДК).

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

Степень загрязнения грунтовых вод нефтепродуктами различна: от 1,1 до 29,2 ПДК. Наибольшие их концентрации зафиксированы в южной части исследуемой территории. Содержание практически всех микроэлементов ниже предельно допустимых значений.

#### Выводы

На основе совместного анализа загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод нами проведено зонирование территории по напряженности экологической обстановки (рис.5) [1].

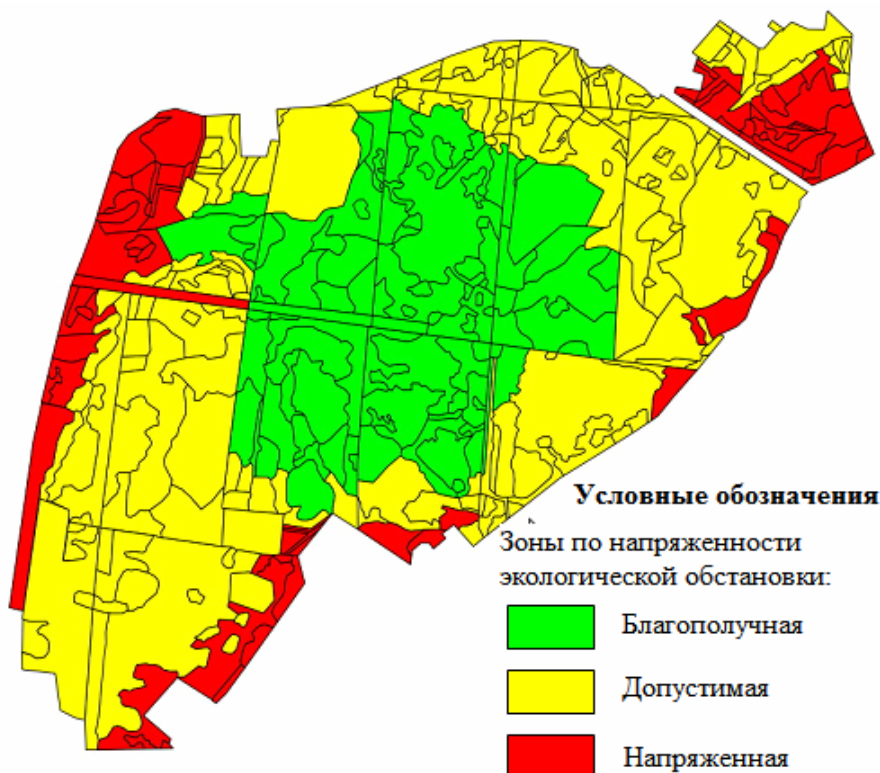


Рис. 5. Зонирование территории по напряженности экологической обстановки Черняевского лесопарка

Таким образом, нами выделены три зоны:

**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. Отмечается минимальный уровень воздействия на загрязнение экосистем.

**Зона допустимой экологической обстановки** занимает 54% общей площади. Для нее характерны менее выраженная гидрографическая сеть, большая глубина залегания грунтовых вод и, следовательно, их защищенность. Эта зона подвержена внешним воздействиям, имеет хорошо развитую тропинопную сеть. Сосновые насаждения сравнительно мало изменены под влиянием антропогенных воздействий.

**Зона напряженной экологической обстановки** имеет площадь, равную 15% от 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 должно базироваться на учете особенностей выделенных зон. Первоочередной задачей является проведение работ по повышению устойчивости, привлекательности **зоны напряженной экологической обстановки**. В **зоне с допустимой экологической обстановкой** хозяйственная

деятельность должна быть направлена на сохранение имеющегося природно-ресурсного потенциала. Проведение мероприятий в *зоне с благополучной экологической обстановкой* должно проводиться с учетом ее уязвимости к любым внешним воздействиям.

#### Библиографический список

1. Двинских С.А., Малеев К.И., Максимович Н.Г., Ларченко О.В. Экология лесопарковой зоны города /под общ. ред. С.А. Двинских. СПб.: Наука, 2011. 154 с.
2. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. СПб., 1999.
3. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеиздат, 1987.
4. Состояние и охрана окружающей среды г. Перми в 2004 г., 2005, 2006 г.: Справочно-информационные материалы / Муниципальное управление по экологии и природопользованию. Пермь, 2005, 2006, 2007.
5. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы (СН 2.2.4/2.1.8.562-96). М.: Информ. изд. центр Минздрава России, 1997.

#### S.A. Dvinskikh, N.G. Maximovich, T.V. Zueva, O.V. Larchenko CHARACTERISTIC OF THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF ABIOTIC COMPONENTS OF THE "CHERNYAEVSKY FOREST PARK"

The contribution of abiotic factors to formation of forest-park landscapes is considered. The characteristic of a condition of atmospheric air is given; noise and electromagnetic environmental pollution is considered; the chemical composition of surface and ground waters is investigated. On the basis of the joint analysis of pollution of atmospheric air, surface and underground water territory zoning on intensity of an ecological situation is carried out.

Key words: ecological condition; abiotic components; environmental pollution.

**Svetlana A. Dvinskikh**, Doctor of geographical sciences, professor, Head of the Department of Hydrology and Water Resources Protection of Geographical Faculty, Perm State University; 15 Bukireva, Perm, Russia 614990; hydrology@psu.ru

**Nikolay G. Maximovich**, Candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor in the specialty geocology Deputy Director for Science, Institute of Natural Sciences of Perm State University; 4 Genkelya st., Perm, Russia 614990; nmax54@gmail.com

**Tatyana V. Zueva**, Candidate of medical sciences, associate professor, Perm State Medical Academy named after E. Wagner; 39 Kujbysheva, Perm, Russia 614000; zueva48@mail.ru

**Olga V. Larchenko**, Candidate of geographical sciences, associate professor of Department of Hydrology and Water Resources Protection of Geography Faculty, Perm State University; 15 Bukireva, Perm, Russia 614990; hydrology@psu.ru