

ДИСКУССИИ

УДК 502.1:502.55:504.5

Е.А. Ворончихина**К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ГРАНИЦАХ КВАРТАЛА 2
ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ (ООПТ) «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС»**

Приведены результаты оценки лесной экосистемы на участке предполагаемого размещения зоопарка в границах ООПТ «Черняевский лес». Показаны основные факторы, влияющие на экологическое состояние растительности, дан прогноз развития экологической ситуации.

Ключевые слова: сосняки, видовое разнообразие, синантропизация, морфометрия хвой, функциональное состояние экосистемы.

Затянувшаяся дискуссия о целесообразности размещения Пермского зоопарка в квартале 2 ООПТ «Черняевский лес», в ходе которой используется большое количество бездоказательных умозаключений, заставляет углубиться в суть данной проблемы. Анализ информации, выложенной в интернете, опубликованной в журналах и в научных отчетах [5; 6; 13; 23 и др.], а также полученной в ходе общения с горожанами, встреченными при натурном обследовании квартала 2 Черняевского леса, позволяет считать, что протестное восприятие переноса зоопарка в большинстве случаев связано с отсутствием у рядовых граждан четкого представления о том, какая часть лесной площади необходима под размещение животных, где она будет расположена и в каком состоянии находится в настоящее время. Протестным движением культивируется ничем не подтвержденная точка зрения, что при строительстве зоопарка пострадает весь Черняевский лес [5; 6]. В немалой степени этому способствуют распространение информации в интернет-пространстве, выступления в публичной прессе и даже научные публикации противников размещения зоопарка в Черняевском лесу.

Так, деятели науки, проявив великодушие, не будем заключать данное выражение в кавычки, как это сделали они по отношению к оппонентам на страницах научного журнала [5], рассматривая последствия переноса зоопарка в декларативной форме с грубыми ошибками, попытались показать важность лесного массива для города. Строительство зоопарка в Черняевском лесу, резюмирует статья, приведет к ухудшению качества окружающей среды в Перми. На экологических сайтах в сети интернет размещены заявления данных авторов [6], суть которых сводится к тому, что перенос зоопарка в Черняевский лес приведет к уничтожению уникальных природных комплексов и негативно скажется на здоровье пермяков. По их утверждению, природные комплексы леса сбалансированы, способны к саморегулированию, идет процесс восстановления соснового леса. При строительстве же будут разрушены песчаные почвы, дополнительная механическая нагрузка приведет к уничтожению их гумусового горизонта, естественная растительность погибнет — останутся лишь усыхающие сосны [5; 6]. Поскольку данные умозаключения не подтверждены аргументами, возникает множество вопросов, попытка ответить на которые представлена ниже.

Объект и предмет исследования

Участок, необходимый под размещение зоопарка, составляет по проекту 24,5 га — 3,6 % от общей площади Черняевского леса (685,97 га). Он входит в состав лесоустroительного квартала 2 (лесоустройство 2010 г.), занимая 68 % его площади, равной 36 га (рис. 1).

В настоящее время внутри лесного квартала 2 размещается лыжная база ПГНИУ; лыжная трасса, протяженностью 3 км; рекреационные поляны — 1,2 га; редины и прогалины — 1,1 га. Площадь пешеходных дорожек — 1,3 га [21]. Со всех сторон территория квартала 2 ограничена городскими автомагистралями. От основной площади ООПТ данный участок леса отрезан коридором, шириной 60 м, по которому проходит автотрасса ул. Подлесная. По периферии вплотную к данному участку

© Ворончихина Е.А., 2015

Ворончихина Евгения Александровна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета; Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15. voronchihina-ea@yandex.ru

примыкают объекты городской застройки, в том числе высотный новострой — жилой массив «Галактика».

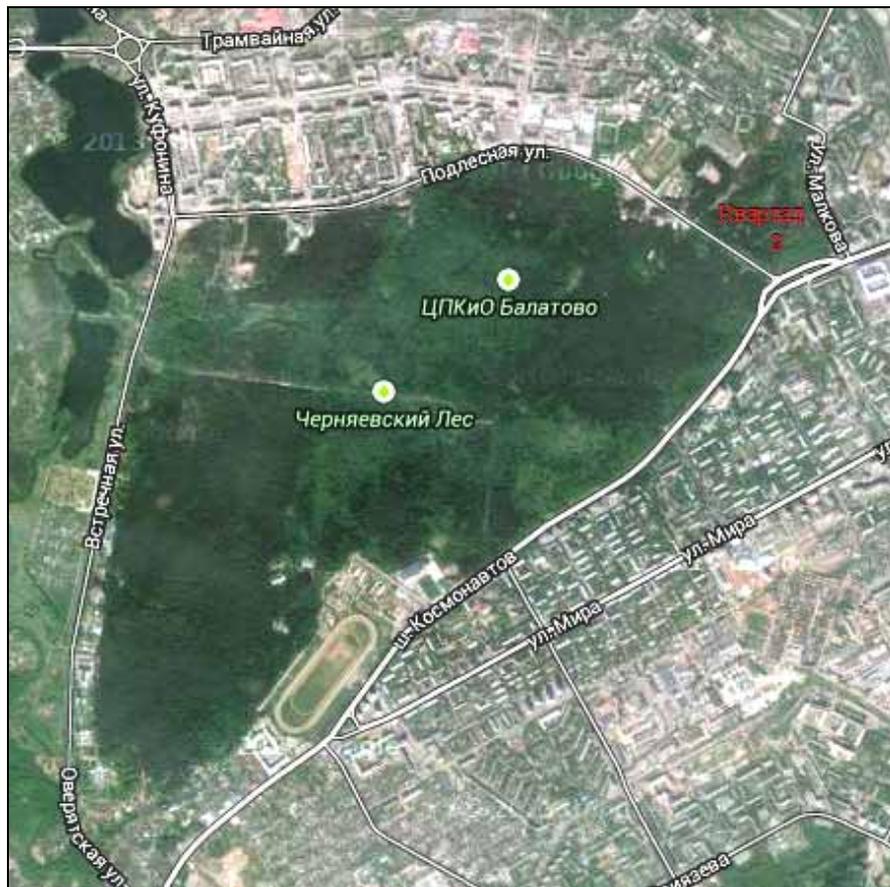


Рис. 1. Положение лесного квартала 2 в границах ООПТ «Черняевский лес» [17]

Натурное обследование, выполненное в июне текущего года, показало, что лесная экосистема квартала 2 существенно изменена антропогенной нагрузкой. Привлекает внимание вытоптанность и замусоренность территории. Весь квартал густо расчленен тропами. На некотором удалении от ДКЖ в направлении к лыжной базе ПГНИУ обнаружен участок складирования порубочных остатков, являющийся результатом «уходов» за лесом: древесина и хворост скрыты под лиственной куртиной деревьев и по периметру оконтурены противопожарной плужной бороздой на случай возгорания (рис. 2), о реальной опасности которого свидетельствуют 24 свежих кострища (рис. 3).

Многочисленные кострища, вытоптанность и замусоренность — явные признаки популярности данной лесной площади у горожан, желающих отдохнуть. Однако, несмотря на интенсивное рекреационное использование, для данной цели она не обустроена: нет ни одного туалета, поэтому все укромные уголки леса «помечены» отходами физиологической деятельности отдыхающих. Визуальный обзор, свидетельствующий об очевидности высокой рекреационной нагрузки на лесную экосистему, не дает объективной картины степени ее деструкции и не позволяет прогнозировать развитие экологической ситуации. Это возможно только при наличии количественных характеристик состояния ее природных компонентов, в первую очередь растительного покрова как индикатора антропогенных процессов [22; 38], поэтому после визуального знакомства с ситуацией выполнена систематизация растительных ареалов по типологическим признакам и дана детальная оценка состояния доминирующих сообществ.

Согласно данным лесоустройства растительный покров квартала 2 имеет двойную природу. Наиболее старая его часть — сосняки в возрасте 120–135 лет — естественного происхождения; наряду с ними представлены лесные культуры 18–65-летнего возраста [21]. Согласно данным лесоустройства 2010 г. современная структура растительного покрова лесного квартала 2 включает 5 растительных группировок: условно естественные сосняки, культуры сосны, лиственные древесно-кустарниковые сообщества, участки травянистой растительности (поляны и прогалины).

Соотношение растительных ареалов показано на рис. 4, из которого следует, что в современной структуре растительности рассматриваемой лесной экосистемы преобладают сосняки, занимающие более половины (54,7 %) площади лесного квартала 2 (по другим данным — 65,9 % [21]). В связи с наибольшей площадью распространения сосняки, будучи доминирующей растительной группировкой квартала 2, образуют экосистемное ядро и определяют экологический статус рассматриваемой территории, поэтому именно их состояние является источником объективной информации об экологической стабильности лесной экосистемы в целом.



Порубочные остатки складированы под пологом лиственной группы деревьев, участок складирования со всех сторон оконтурен противопожарной бороздой



Противопожарные плужные борозды ухудшают экологическое состояние лесной экосистемы, способствуя распространению сорных видов

Рис. 2. Результаты «уходов» за лесом в экосистеме квартала 2 ООПТ «Черняевский лес»

Сосняки как широко распространенный элемент формации таежных лесов хорошо изучены в биоэкологическом отношении. Формирующая их сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) — широко распространенная древесная порода с высокой толерантностью к эдафическим факторам. Сосна может произрастать как на сухих песках, так и на избыточно влажных почвах любого механического состава. Великий русский лесовод Г.Ф. Морозов [27] назвал ее «двойным ксерофитом» за светолюбие и устойчивость к дефициту влаги. В благоприятных условиях сосняки достигают высоты 70 м при средней продолжительности жизни 150–200 лет, обладая максимальным запасом древесины 450–500 м³ в возрасте 100–120 лет [12].

Природные факторы, определяющие интенсивность роста и развития сосняков, многообразны. Существенное значение имеют температурно-влажностные условия вегетационных сезонов, в меньшей степени — физико-химические показатели состояния почв, распространение вредителей и болезней. В естественных условиях европейской тайги сосняки лучше всего растут и обладают наиболее высокой экологической устойчивостью на влажных, воздухопроницаемых почвах легкого механического состава с уровнем залегания грунтовых вод в пределах 1,5–2 м [19]. Особенностью *Pinus sylvestris* L. является ее нетребовательность к почвенному плодородию. Будучи азотфиксатором

и микоризообразователем, сосна способна поглощать важнейший элемент плодородия (азот) из воздуха и из минеральных соединений, недоступных другим растениям, в связи с чем активность фотосинтеза данного вида в значительной степени определяется состоянием почвенного микроценоза.



Рис. 3. Некоторые из 24 кострищ, обнаруженных на территории квартала 2

Важной физиологической особенностью, усиливающей экологическую устойчивость сосны, является пластичность и глубокое распространение в грунт корневой системы, благодаря чему сосняки не подвержены ветровалам [12; 27]. Этому же способствует ажурность их крон. Вместе с тем известно, что с возрастом ветки сосны приобретают хрупкость, становятся чувствительными к снеголому, под влиянием которого происходит деформация кроны [37].

Обладая толерантностью к естественным природным факторам, *Pinus sylvestris* L. неустойчива к техногенному воздействию, особенно к загрязнению воздуха, поэтому экологическое неблагополучие сосняков определяется антропогенной нагрузкой. По данным А.И. Федоровой и др. [38], А.Н. Кизеева [18], А.А. Мартынюка [24] характерными внешними реакциями сосны на загрязнение воздуха является уменьшение длины, сокращение продолжительности жизни хвои (до 2–3 лет) и снижение годовых приростов ветвей относительно фонового состояния. В силу перечисленных изменений у сосны трансформируется соотношение охвоения годовых приростов: масса хвои текущего прироста многократно превышает массу хвои предыдущих лет. Это ведет к морфологической деформации кроны, внутри которой хвоя изреживается до полного отсутствия, но нарастает в периферийных частях, на концах растущих ветвей. В условиях снежных зим, в связи с налипанием снега на охвоенные участки, развивается характерная нивальная деформация кроны — концы веток с налипшим на них снегом сгибаются по направлению к стволу и крона приобретает своеобразный «сжатый» вид, не характерный для сосны в нормальных природных условиях (рис. 5). Нивальные деформации кроны проявляются преимущественно у одиночных и опушечных деревьев, свидетельствуя об ослабленности насаждения в целом.

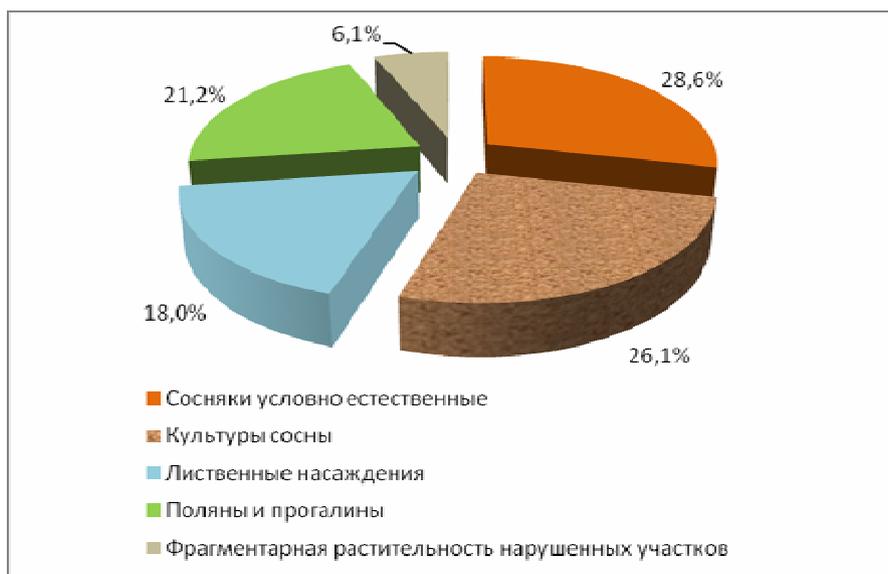


Рис.4. Структура растительного покрова лесного квартала 2
(по данным лесоустройства 2010 г. [21])

Материал и методика

Рассмотренные выше изменения, происходящие в сосняках под влиянием антропогенных факторов, хорошо различимы визуально у отдельных древесных особей или небольших биогрупп. В обширных лесных ареалах они нивелируются микроклиматическими и почвенными факторами, поэтому при оценке экологического состояния неоднородных участков леса используются дополнительные показатели, характеризующие структуру лесных ценозов и видовой состав структурных элементов. Так, по данным Е.Л. Воробейчика и др. [7], А.А. Мартынюка [24] начало экологической деградации сосновых насаждений четко прослеживается по исчезновению из структуры растительных сообществ низших видов растений (мхов и лишайников), наиболее чувствительных к атмосферному загрязнению. Вслед за лишайниками из состава растительного покрова постепенно исчезают редкие, затем – обычные виды высших растений. Освободившиеся эдафические ниши захватываются агрессивными синантропными видами, изменяющими состав и структуру флористических сообществ, снижающими их видовое разнообразие, что является признаком прогрессирующего экологического неблагополучия.

Охарактеризованные выше реакции сосняков на загрязнение учтены при оценке экологического состояния рассматриваемой лесной экосистемы квартала 2. В основу оценки положены официальные нормативно-методические документы, ориентированные на показатели санитарного состояния, наличие вредителей, распространенность болезней и внешних повреждений, текущий отпад и захламленность [30; 35]; рекреационную нагрузку [30]; видовое разнообразие и степень синантропизации растительного покрова [16; 22; 36]. Дополнительно к перечисленным оценочным показателям рассмотрено морфометрическое состояние хвои [18; 38]. Таким образом, оценка состояния лесной экосистемы квартала 2 выполнена с использованием трех групп показателей:

1-я группа — видовое разнообразие: общее число видов растений; редкие, особо охраняемые виды; синантропные виды; степень синантропизации растительного покрова;

2-я группа — санитарное и морфологическое состояние растительности, включая распространение вредителей и болезней; состояние хвои; плотность охвоения и величину годовых приростов;

3-я группа — функциональное состояние растительности как компонента экосистемы: утилизационный потенциал, фито- и кислородопродуктивность.

Обзор результатов исследования

При оценке видового разнообразия растительности рассматриваемого лесного участка использованы результаты натурного обследования, проведенного в июне 2014 г., опубликованные и фондовые данные геоботанических наблюдений в ООПТ «Черняевский лес», выполненные в последние годы пермскими учеными: В.П. Левковским [31], Н.А. Молгановой [25; 26], К.И. Малеевым [23], специалистами ФБУ «Рослесзащита» [21] и др. В первичных материалах,

обосновывающих необходимость придания территории Черняевского леса статуса ООПТ, видовое разнообразие растительного покрова охарактеризовано 215 видами растений, в том числе одним особо уязвимым видом — *Pulsatilla patens* L. [31]. По более поздним данным, опубликованным К.И. Малеевым [23], в растительном покрове ООПТ «Черняевский лес» насчитывается около 400 видов сосудистых растений, 34 вида мхов, 106 видов агариковых и 32 вида дереворазрушающих грибов. Этим же автором указаны места нахождения на территории ООПТ трех видов растений, нуждающихся в особой охране, — *Goodyera repens* R., *Pulsatilla patens* L., *Lilium martagon* L. Сходные показатели разнообразия растительности (364 вида сосудистых растений) приведены Н.А. Молгановой [25; 26]. Однако эти данные относятся к растительному покрову всей ООПТ «Черняевский лес». Конкретно по рассматриваемой площади квартала 2 данных о видовом составе растительности нет, указания на произрастание здесь особо уязвимых видов отсутствуют. Единственная из опубликованных оценок состояния растительного покрова квартала 2 проведена по санитарным показателям [21], прочие характеристики состояния лесных насаждений не рассматривались, поэтому явились предметом текущего обследования.



Рис. 5. Нивальная деформация кроны у ослабленной одиночной сосны на территории квартала 2 ООПТ «Черняевский лес»

Натурный учет видового разнообразия растительности лесного квартала 2 по состоянию на июнь 2014 г. показал, что ее флористический состав формируется с участием 43 видов высших сосудистых растений, 1 вида мхов и 1 вида дереворазрушающих грибов. Перечень учтенных видов свидетельствует о низком видовом разнообразии, составляющем немногим более 10 % видового разнообразия высшей растительности ООПТ «Черняевский лес». Все виды являются обычными для ареала южной тайги. Визуально различима высокая синантропизация растительного покрова, максимум которой наблюдается в травянистом ярусе, где синантропные виды растений (*Urtica dioica*, *Arctium tomentosum*, *Sonchus arvensis*, *Elytrigia repens*) доминируют по фактическому участию, определяя общий облик травостоя. Степень синантропизации растительного покрова, выраженная

количественно, достигает 42 %, что существенно выше аналогичного показателя для ООПТ «Черняевский лес», оцененного в 10,8 % [23], и свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке, приведшей экосистему в состояние, соответствующее третьей степени экологической деградации по критериям П.Л. Горчаковского [10; 11; 13].

Результаты учетов видового разнообразия в рамках данного исследования не являются полными, поскольку отражают состояние растительности на начало вегетационного периода (июнь 2014 г.). По мере развития вегетационных процессов возможно некоторое расширение видового спектра за счет появления позднелетней флоры, однако это не приведет к значительному изменению состава растительности. Редких и уязвимых видов растений, нуждающихся в особой охране, в составе растительности квартала 2 при текущем обследовании не обнаружено.

Детальная оценка санитарного состояния растительности выполнена в 2013 г. сотрудниками ФБУ «Рослесозащита» [21]. Согласно полученным данным в удовлетворительном санитарном состоянии находится не более 50 % хвойных насаждений квартала 2, прочие древостои в той или иной степени ослаблены. Ослабленность проявляется в снижении интенсивности цвета хвои, в слабом развитии или отсутствии подроста, деградированности напочвенного покрова, распространении очагов фитопатогенеза и повреждений стволов. Так, стволовой гнилью поражено 5% сосновых насаждений; следы жизнедеятельности сосновой златки (*Phaenops-Melanophila cyanea F.*) и сосновой губки (*Phellinus pini Pil.*) отмечены на всей площади насаждений. Результаты текущего обследования позволили дополнить перечень выявленных ранее фитопатогенных проявлений в лесной экосистеме квартала 2. В южной его части (выдел 26 лесоустройства 2010 г.) обнаружен свежий ветровал сосны, образовавшийся в июне 2014 г. (рис. 6).

Осмотр корневых систем упавших деревьев показал, что одной из причин ветровала является корневая гниль, о чем свидетельствуют бурый цвет корней, мочалистая структура тканей и наличие пустот (рис. 6, нижнее фото справа). Распространение корневой гнили является следствием ослабленности насаждений, их неспособности противостоять неблагоприятным биологическим факторам. Многолетними исследованиями В. М. Ахметова [2] установлено, что ослабленность сосняков в пригородных зеленых зонах может являться следствием как природных, так и антропогенных факторов: химического и биологического загрязнения почв; изменения уровня грунтовых вод; высокой рекреационной и аэротехногенной нагрузки. Перечисленные факторы рассмотрены применительно к лесной экосистеме квартала 2 как вероятные причины ее неблагополучия.

Оценка загрязнения почвенного покрова квартала 2, выполненная учеными Пермской ГСХА им.Прянишникова, ПГНИУ, ОАО «ВерхнекамТИСИЗ» и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» в период 2011–2013 гг., показала, что за исключением сильно загрязненного руслового экотопа высохшей р. Светлушка экологическое состояние почв соответствует категории «удовлетворительное» [13; 21; 25]. Такое состояние поддерживается легким механическим составом почвенного субстрата, представленного аллювиальными песками; промывным режимом формирования почвенного профиля; кислой реакцией почвенных растворов, обогащенных фульвокислотами с высокой растворяющей активностью. Сочетание данных факторов способствует интенсивному вымыванию загрязняющих веществ из почвенного слоя, обеспечивая тем самым высокую устойчивость почв ко всем видам загрязнителей, склонных к водной миграции.

Удовлетворительное экологическое состояние почвенного покрова по показателям загрязнения, отсутствие негативных свидетельств рекреационной нагрузки (троп, кострищ, вытопанных и замусоренных участков), отсутствие заболачивания (которое могло бы свидетельствовать о повышении уровня грунтовых вод), приводят к неизбежному выводу о том, что ослабленность сосны в границах выдела 26 обусловлена аэротехногенной нагрузкой. Накопленный опыт оценки влияния загрязнения воздуха на лесные экосистемы, особенно показательны в этом плане многолетние исследования Е.В. Колтунова [20], свидетельствует о прямой зависимости распространения корневых гнилей *Pinus sylvestris L.* от загрязнения воздушной среды формальдегидом, бензпиреном и окислами азота. Наиболее пагубное влияние на *Pinus sylvestris L.* Из перечисленных видов загрязнений оказывает повышенное содержание в воздухе формальдегида — CH_2O [1; 2; 20]. Зеленая сосна является активным природным поглотителем данного загрязнителя, обычного для урбанизированных территорий, поскольку CH_2O присутствует в промышленных выбросах всех производственных процессов, связанных с переработкой и сжиганием углеводородов. Формальдегид рассеивается в природной среде не только с промышленными, но и с автотранспортными выбросами. Кроме того, данный ингредиент

постоянно образуется в атмосфере естественным путем в ходе фотохимических реакций (фотохимический смог) при повышенных концентрациях оксидов азота и углерода, обычных для воздуха городов.



Рис. 6. Свежий ветровал сосны в насаждении выдела 26 квартала 2 ООПТ «Черняевский лес»

Исходя из того, что внешней реакцией сосны на загрязнение воздуха является изменение размеров хвои и ее уплотнение на текущем приросте, проведена морфометрическая оценка состояния хвойной зелени упавших деревьев. Характерные образцы хвои модельных деревьев иллюстрирует фото (рис.7). На нем визуально заметны различия в охвоении сосны из экосистемы квартала 2 ООПТ «Черняевский лес» и из фонового лесного ценоза, в качестве которого использован сосняк кисличный, сформировавшийся на аналогичном эдафотопе с песчаными подзолистыми почвами в окрестностях Северного кладбища г. Перми. Модельные деревья *Pinus sylvestris* L. в обоих случаях относятся к IV классу возраста и произрастали в первом ярусе древостоев одинаковой густоты — 0,6. Для исследования отбирались ветки из верхней части кроны, имеющие по 3 степени годовых приростов. Для приростов текущего (2014 г.) и предыдущего (2013 г.) годов измерялись длина хвоинок и годовой прирост ветки. По их соотношению рассчитывалась плотность охвоения годового прироста.



Рис.7. Особенности охвоения *Pinus sylvestris* L., произрастающей в Черняевском лесу и в пригородной зеленой зоне Перми (окрестности Северного кладбища)

Результаты измерений хвойной зелени представлены в табл. 1. Морфометрический анализ свидетельствует, что активность роста зелени в сосняке выдела 26 квартала 2 ООПТ «Черняевский лес» существенно ниже, чем в фоновом ценозе. Различия между ними по длине хвои достигают 0,8 (для текущего года) и 0,5 (для 2013 г.) (табл. 1). Еще большая разница обнаружена в приростах ветвей: у сосны с территории ООПТ они в 4 раза меньше, чем у сосны из фонового древостоя. Плотность охвоения годовых приростов, выраженная количеством хвоинок на 1 см прироста, как в текущем, так и в предыдущем году у сосны из Черняевского леса оказалась в 1,4–1,5 раза выше, чем у сосны из фонового насаждения. Таким образом, морфометрические данные, приведенные в табл. 1, наглядно подтверждая выводы о характерных реакциях сосны на загрязнение воздуха, полученные А.А. Мартынюком [24] и А.Н. Кизеевым [18], свидетельствуют об экологическом неблагополучии лесной экосистемы квартала 2, обусловленном данным фактором.

Официальная информация о состоянии воздушной среды в г.Перми, представленная в ежегодных экологических отчетах [32], не оставляет сомнений о влиянии аэротехногенной нагрузки на лесную экосистему ООПТ «Черняевский лес». На протяжении последних лет ИЗА (индекс загрязнения атмосферного воздуха) для города стабильно держится на уровне высокого. В составе обычных загрязнителей — формальдегид и оксиды азота. Их концентрации в воздухе превышают ПДК от 1,7 до 5 раз. К сожалению, нормативные показатели для оценки влияния формальдегида на состояние зеленых насаждений (показатель вредности и ПДК для растительности) в настоящее время не разработаны. Это не позволяет количественно оценить аэротехногенную нагрузку на лесную экосистему, тем не менее высокий разброс аналитических данных, отражающих концентрации формальдегида в хвое сосны, произрастающей на разных участках территории ООПТ «Черняевский лес» (от 0,0053 до 0,0260 мг/кг [13]), подтверждает наличие загрязнения.

Деформация крон сосны, обусловленная увеличением их ажурности и снижением массы нарастающей зелени под влиянием антропогенной нагрузки, отражается на функциональной активности растительного компонента лесной экосистемы. Важнейшие экологические функции

растительности, способность поглощать CO₂ и прочие токсичные для теплокровных организмов газы, производить необходимый для биоты кислород, являются прямым следствием процесса фотосинтеза и связаны с ним количественно.

Таблица 1

**Морфометрические показатели зелени сосны из I-го яруса насаждений выдела 26
Квартала 2 ООПТ «Черняевский лес» и из фонового сосняка**

| Принадлежность данных | Единица измерения | Сосняк из квартала 2 ООПТ | Фоновый сосняк | Соотношение средних показателей ООПТ / фон |
|--|-------------------|---------------------------|----------------|--|
| Длина хвоинок 2014 г. — средняя | См | 2,2 | 2,7 | 0,8 |
| ± | -//- | <0,1 | 0,2 | — |
| R | -//- | <0,1 | 0,6 | — |
| N | Шт. | 166 | 88 | — |
| Длина хвоинок 2013 г. — средняя | См | 3,3 | 6,7 | 0,5 |
| ± | -//- | 0,5 | 0,7 | — |
| R | -//- | 1,4 | 1,9 | — |
| N | Шт. | 166 | 88 | — |
| Прирост ветви 2014 г. — средний | См | 4,7 | 20,3 | 0,2 |
| ± | -//- | 0,7 | 1,3 | — |
| R | -//- | 2,8 | 4,6 | — |
| N | Шт. | 50 | 50 | — |
| Прирост ветви 2013 г. — средний | См | 6,2 | 24,9 | 0,2 |
| ± | -//- | 0,8 | 1,4 | — |
| R | -//- | 2,9 | 5,3 | — |
| N | Шт. | 50 | 50 | — |
| Плотность охвоения текущего прироста — средняя | Хвоинок/см | 24 | 16 | 1,5 |
| ± | -//- | 4 | 4 | — |
| R | -//- | 10 | 12 | — |
| N | Шт. | 50 | 50 | — |
| Плотность охвоения прироста предыдущего года — средняя | Хвоинок/см | 22 | 16 | 1,4 |
| ± | -//- | 2 | 2 | — |
| R | -//- | 10 | 8 | — |
| N | Шт. | 52 | 52 | — |

Индексами обозначены статистические показатели: ± — среднее линейное отклонение; R — размах вариации; N — количество измерений

Согласно известному уравнению фотосинтеза масса газов, утилизируемых растущей зеленью, и объем производимого кислорода пропорциональны фитопродуктивности [3; 4; 29; 34]. Используя известные соотношения фитопродуктивности и прочих составляющих фотосинтеза, несложно рассчитать эколого-функциональные показатели экосистемы [8; 9]. В основу расчетов положены материалы лесоустройства 2010г. [21] (результаты представлены в табл. 2).

Оценка эколого-функциональной активности растительного компонента лесных экосистем выполнена методом сравнительного анализа количественных показателей, характеризующих оцениваемую экосистему, с фоновыми. В качестве фоновой экосистемы использован аналогичный по площади участок сосняка кисличного IV класса возраста без признаков угнетения, сформировавшийся на песчаной подзолистой почве в окрестностях Северного кладбища г. Перми. Согласно полученным количественным характеристикам эколого-функциональная активность лесной экосистемы квартала 2 значительно уступает как региональным фоновым, так и средним зональным значениям. Так, показатель фитопродуктивности (V_f в табл. 2) сосняка из квартала 2 составляет 6,79 (±0,64) т/га в год, т.е. менее 50 % от фоновой величины — 13,9 т/га в год; и всего 57% от средней зональной продуктивности сосняков южной тайги — 12,0 т/га в год (табл. 2). Подавленность фотосинтеза не позволяет экосистеме в полной мере осуществлять кислородопroduцирующую и утилизационную функции. Поэтому рассматриваемая экосистема квартала 2 по сравнению

с фоновой экосистемой равной площади производит почти в 2 раза меньше кислорода — 253 т/год против 506; с меньшей активностью поглощает токсичные газы — 273 против 547 т/год. Даже самый благополучный по визуальным параметрам сосняк 61-летнего возраста с полнотой 0,8 (квартал 2, выдел 18), обладающий наиболее высокими функциональными характеристиками (фитопродуктивность — 10,3 т/га в год; кислородопродуктивность — 14,3 т/га в год; утилизационная активность — 15,4 т/га в год), на треть уступает по активности реализации экологических функций как фоновой, так и зональной экосистеме (табл. 2).

Таблица 2

Эколого-функциональное состояние лесных экосистем квартала 2

| № выдела | Площадь, га | Таксационные показатели [21] | | | | Показатели функционирования, т/год | | |
|---|-------------|------------------------------|--------------|-------|---------|------------------------------------|--------|----------|
| | | Состав насаждений | Возраст, лет | *h, м | Полнота | V_f | V_o | V_{co} |
| 1 | 0,9 | 10С+Б,Кл | 135 | 23 | 0,4 | 3,53 | 4,87 | 5,26 |
| 3 | 1,3 | 10С | 60 | 22 | 0,8 | 10,19 | 7,38 | 15,18 |
| 5 | 2,6 | 10С+Б,Ос,Кл,Т | 135 | 24 | 0,5 | 12,65 | 17,46 | 18,85 |
| 6,8 | 2,5 | 10С+Б,Кл | 62 | 22 | 0,8 | 19,60 | 27,05 | 29,20 |
| 10 | 0,3 | 10Т+Ос,С | 47 | 21 | 0,7 | 3,05 | 4,21 | 4,55 |
| 11 | 0,2 | 5И2Кл2Ол1Б | 25 | 10 | 0,5 | 1,23 | 1,70 | 1,83 |
| 13 | 0,1 | 7Б3Кл+Ос | 51 | 22 | 0,6 | 0,86 | 1,19 | 1,28 |
| 14 | 0,2 | 10Т+Кл,Б | 51 | 24 | 0,7 | 1,39 | 1,92 | 2,07 |
| 15 | 0,3 | 9Ос1Б | 45 | 20 | 0,5 | 2,18 | 3,01 | 3,25 |
| 16 | 0,1 | 10С+Б | 61 | 22 | 0,6 | 0,59 | 0,81 | 0,88 |
| 17 | 2,9 | 6ИЗБ1С+Кл | 25 | 12 | 0,4 | 15,31 | 21,13 | 22,81 |
| 18,19 | 3,4 | 10С+Т | 61 | 22 | 0,8 | 35,17 | 48,54 | 52,40 |
| 20 | 0,5 | 5Ос3Т2Б+И,С | 45 | 16 | 0,4 | 2,86 | 3,95 | 4,26 |
| 22,23 | 0,5 | 10С+Т | 120 | 23 | 0,6 | 2,84 | 3,92 | 4,23 |
| 24 | 0,1 | 10С | 18 | 4 | 0,8 | 0,50 | 0,69 | 0,73 |
| 26 | 3,4 | 6СЗБ1Т | 125 | 23 | 0,6 | 20,00 | 27,60 | 29,80 |
| 27 | 0,8 | 10С+Б | 61 | 22 | 0,7 | 5,49 | 7,58 | 8,18 |
| 31,33 | 3,9 | 10С+Б,Т | 135 | 22 | 0,6 | 22,94 | 31,64 | 34,16 |
| 34,36 | 0,4 | 10С | 61 | 21 | 0,6 | 2,35 | 3,24 | 3,50 |
| 37 | 1,5 | 10Т+С,Кл,Ос,Б | 56 | 25 | 0,8 | 16,80 | 23,18 | 25,03 |
| 38 | 0,4 | 4ВЗОл2Б1Ос | 41 | 17 | 0,5 | 2,86 | 3,95 | 4,26 |
| 39 | 0,1 | 7Ол2И1Ос | 45 | 16 | 0,7 | 1,00 | 1,38 | 1,49 |
| Вся лесная площадь квартала 2 | | | | | | 183,38 | 253,06 | 273,24 |
| Удельные показатели функционирования, т/га в год | | | | | | | | |
| Сосняки квартала 2 | | | | | | 6,79 | 9,37 | 10,12 |
| Лиственные сообщества квартала 2 | | | | | | 7,43 | 10,25 | 11,07 |
| Фоновый сосняк | | | | | | 13,90 | 19,18 | 20,71 |
| Средние зональные показатели для южной тайги [14] | | | | | | 12,00 | 16,56 | 17,88 |

Индексами обозначены:

*h — высота; V_f — фитопродуктивность; V_o — кислородопродуктивность; V_{co} — утилизационный потенциал.

Снижение функциональных показателей относительно фонового состояния подтверждает наличие неблагоприятных факторов воздействия на лесную экосистему. В их составе, наряду с загрязнением воздуха, важную роль играет нестабильность уровня грунтовых вод. По данным Г.Ф. Морозова [27], В.М. Ахметова [2] и других колебания уровня грунтовых вод негативно влияют на рост и развитие сосняков, снижая их продукционные показатели, устойчивость к болезням и к неблагоприятным факторам среды, вызывая суховершинность. Поскольку в рамках данного исследования гидрогеологические наблюдения не проводились, был сделан запрос в Верхнекамский трест инженерно-строительных изысканий о стабильности водоносных горизонтов на территории ООПТ «Черняевский лес», на который получен официальный ответ с результатами гидрогеологических изысканий, выполненных в марте 2014 г. [33]. По итогам бурения установлено положение современного уровня грунтовых вод на глубине 4–6 м и более, в то время как 30 лет назад водоносные горизонты вскрывались с глубины 1,7–3,2 м от поверхности. Согласно заключению специалистов треста следствием снижения уровня грунтовых вод явились обезвоживание русла р. Светлушка, ранее протекавшей в восточной части квартала 2, исчезновение родников и водоема, описанного в предыдущем экологическом обзоре состояния ООПТ «Черняевский лес» [5].

Выводы

Результаты исследования показали, что лесная экосистема квартала 2 ООПТ «Черняевский лес» находится в неудовлетворительном экологическом состоянии, о чем свидетельствуют: низкий уровень видового разнообразия и высокая степень синантропизации растительного покрова; подавленность ростовых процессов, функциональной активности, общая ослабленность и распространение гнилевых заболеваний древесной растительности. В сложившихся условиях нельзя утверждать, что данная экосистема «сбалансирована, способна к саморегулированию и восстановлению», как считают авторы ранее опубликованной статьи [5].

Выявленные процессы не оставляют сомнений в том, что лесная экосистема квартала 2 испытывает высокую антропогенную нагрузку, превысившую порог ее устойчивости. Причинами экологического неблагополучия являются: недопустимо высокая бесконтрольная рекреационная нагрузка, загрязнение воздуха и резкое снижение уровня грунтовых вод.

Специфичность факторов неблагоприятного воздействия и невозможность их устранения предопределяют неблагоприятный прогноз развития лесной экосистемы на ближайшую перспективу. Так, снижения рекреационной нагрузки не ожидается, напротив, с завершением строительства жилого комплекса «Галактика» она существенно возрастет; ИЗА в последние годы неизменно увеличивается во всех районах Перми и в связи с нарастанием количества автотранспорта ожидать его снижения в ближайшее время не приходится; понижение уровня грунтовых вод является устойчивой тенденцией динамики подземной гидросферы Западного Урала, развивающейся на протяжении трех последних десятилетий. В данном случае не исключено, что естественные процессы усугублены влиянием антропогенной нагрузки, именно поэтому проявились столь резко. Возвращение грунтовых вод в первоначальный режим в обозримой перспективе невозможно.

Таким образом, очевидно, что деградация лесной экосистемы продолжится. Без адекватных мер по реабилитации и без систематических уходов лес квартала 2 обречен превратиться в неприглядную замусоренную и загрязненную площадку для пикников, покрытую мелколесьем. Лиственные же мелколесья с кустарником и крупнотравьем — райское место для клеща. Поэтому наряду с экологическим неблагополучием будет возрастать и санитарная опасность, во избежание которой Черняевский лес, вопреки законодательно утвержденному Положению о данной ООПТ, предусматривающему запрет применения ядохимикатов, ежегодно подвергается акарицидной (противоклещевой) обработке. Используемые препараты преподносятся как малоопасные для теплокровных животных и птиц. Однако данное утверждение оправдывает себя только при однократной обработке. Акарициды — это большая группа реагентов на основе серо-, хлор- или фосфорорганических соединений. Многие из них, например, пропаргит, обладают высоким биоаккумулятивным потенциалом, то есть накапливаются в почве и в биоте. Экологические последствия ежегодных обработок, к сожалению, не изучены, поэтому оценить их опасность для лесной экосистемы на данном этапе не представлялось возможным.

Библиографический список

1. Агеева Ю.В. Оценка влияния фотохимического смога на загрязнение воздуха формальдегидом. [Электронный ресурс]: URL: <http://www.donntn.edu.ua> 2007 (дата обращения: 26.06.2014).
2. Ахметов В.М. Корневые гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в Нижнем Прикамье и меры по снижению их вредоносности: дис... канд. с.-х. наук. Йошкар-Ола, 2007. 202 с.
3. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
4. Беручаивили Н.Л. Геофизика ландшафта. М.: Высш.шк., 1990. 287 с.
5. Бузмаков С.А., Воронов Г.А., Андреев Д.Н. Роль ООПТ «Черняевский лес» в г. Перми // Географический вестник. Пермь, 2013. № 1. С. 87–95.
6. Бузмаков С.А., Андреев Д.Н. Беседа в редакции. [Электронный ресурс]: URL: <http://perm.bezformata.ru> от 21.11.2013 г. (дата обращения: 30.06.2014).
7. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 280 с.
8. Ворончихина Е.А. Геофизика ландшафта. Пермь, 2008. 84 с.
9. Ворончихина Е.А. Основы ландшафтоведения. Пермь, 2009. 103 с.
10. Горчаковский П.Л. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли // Ботанический журнал. 1979. Т.64. № 12. С. 1697–1714.
11. Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности // Экология. 1984. № 5. С. 3–16.
12. Грибков В.В. Сосна // Лесная энциклопедия. М., 1986. Т. 2. С. 386–389.
13. Двинских С.А., Максимович Н.Г., Малеев К.И., Ларченко О.В. Экология лесопарковой зоны города. СПб.: Наука, 2011. 154 с.
14. Зайцев Г.А. Адаптация корневых систем хвойных древесных растений к экстремальным лесорастительным условиям: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Тольятти, 2008. 39 с.
15. Зубов С.М. Природные комплексы и продуктивность растительности СССР. Минск, 1978. 168 с.
16. Биологические исследования // Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Свод правил. СП 47.13330.2012. М., 2012. С.74–75.
17. Карты Google [Электронный ресурс]: URL: <https://www.google.ru/maps> (дата обращения: 26.06.2014).
18. Кизеев А.Н. Изменение морфологических и физиолого-биохимических показателей хвои сосны обыкновенной в условиях аэрогенного загрязнения // Молодой ученый. 2011. №3. С.120–128.
19. Кобельков М. Е., Чуканов М. А., Хотин Д. В. Категории состояния основных лесобразующих пород Московской области: иллюстрированное пособие по определению категорий состояния основных лесобразующих пород: ели, сосны, березы, осины, дуба, ольхи. М., 2000. 40 с.
20. Колтунов Е.В. Корневые и ствольные гнили сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в условиях антропогенного воздействия // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. [Электронный ресурс]: URL: www.science-education.ru/100-5222 (дата обращения: 26.06.2014).
21. Комплексная оценка экологической ситуации ООПТ местного значения «Черняевский лес» в кадастровом квартале 59:01:4410998: отчет о НИР /рук. С.А. Двинских и др. Пермь, 2013. 244 с.
22. Левицкая Н.Н. Критерии и индикаторы для оценки состояния лесов Московской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 24 с.
23. Малеев К.И. Растительность // Экология лесопарковой зоны города. СПб.: Наука, 2011. С. 100–111.
24. Мартынюк А.А. Сосновые экосистемы в условиях аэротехногенного загрязнения, их сохранение и реабилитация: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2008. 35 с.
25. Молганова Н.А., Рогизная Ю.А. К вопросу о почвах и растительном покрове ООПТ городской парк «Черняевский лес» // Актуальные проблемы лесного комплекса. Брянск, 2007. Вып. 19. С. 138–142.
26. Молганова Н.А. Дендрофлора ООПТ «Черняевский лес» // Вестник Пермского государственного университета. 2013. Биология. Вып.3. С.27–30.
27. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. М.; Л., 1949. 456 с.
28. Неволин О.А., Третьяков С.В., Еремина О.О. Динамика сосново-березового насаждения в типе леса сосняк-кисличник // Лесной журнал. 2002. С.17–22.
29. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
30. Основные положения организации и развития лесного хозяйства Пермской области. Пермь, 2000. 434 с.

31. Особо охраняемые территории Пермской области. Реестр / отв. ред. С.А. Овеснов. Пермь: Книжный мир, 2002. С. 256.
32. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края: ежегодный экологический доклад. Пермь, 2008–2013 гг. / [Электронный ресурс]: URL: <http://www.permecology.ru> (дата обращения: 30.06.2014).
33. Папирова В.Т. Комментарии к результатам гидрогеологических изысканий в Черняевском лесу на участке между ул. Малкова, шоссе Космонавтов и ДКЖ. Пермь: Верхнекамский трест инженерно-строительных изысканий. 2014. 1 с.
34. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 543 с.
35. Санитарные правила в лесах Российской Федерации: приказ МПР РФ от 05.04.2006 г. № 72.
36. Телегова О. В. Закономерности синантропизации растительного покрова особо охраняемых природных территорий разного ранга (на примере Среднего Урала): дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2004. 211 с.
37. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. М., 1955. 597 с.
38. Фёдорова А.И.; Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: Владос, 2003. 135 с.

Е.А.Voronchihina

**TO THE ASSESSMENT OF FOREST ECOSYSTEMS BORDERS QUARTER 2
SPECIALI PROTECTED NATURAL AREAS (PNA) “CHERNYAYEVSCY FOREST”**

The results of assessment of forest ecosystem biological indicators in the area intended disposition within the boundaries of the zoo “Chernyayevscy forest”. The forecast of the development of the environmental situation and recommendations for its optimization.

Key words: pine, species diversity, sinantropizatcija, morphometry needles, the functional state of the ecosystem

Voronchihina Yevgeniya A., the candidate of geographical sciences, Perm State Institute of Science national research University; Russia, 614990, Perm, St. Bukireva, 15. E-mail: voronchihina-ea@yandex.ru