

На правах рукописи

КОНСТАНТИНОВ
Александр Васильевич

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ПИРОГЕННОГО ФАКТОРА
НА ДИНАМИКУ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЭКОСИСТЕМЫ
ПОЛЕСИЙ НИЖЕГОРОДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

Специальность: 03.02.08 – экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Нижний Новгород
2010

Работа выполнена на кафедре ботаники Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Научный руководитель: кандидат биологических наук,
доцент
Воротников Владимир Петрович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор
Бессчётнов Владимир Петрович

кандидат биологических наук,
доцент
Сидоренко Михаил Владимирович

Ведущая организация: Институт леса им. В. Н. Сукачева
СО РАН (г. Красноярск)

Защита состоится « 22 » декабря 2010 года в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.166.12 Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по адресу: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, корп. 1, биологический факультет.

Е-mail: ecology@bio.unn.ru

факс: (831) 462-30-85

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Автореферат разослан « 18 » ноября 2010 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Н. И. Зазнобина

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Актуальность данных исследований состоит в том, что они направлены на решение одной из фундаментальных проблем биологии: воздействие факторов внешней среды на биологические системы. В настоящее время исследования, ориентированные на понимание взаимосвязи между детерминистическими и стохастическими процессами, происходящими в экосистемах, а также на выяснение зависимости результатов этих процессов от масштаба, интенсивности и частоты нарушений, считаются одними из приоритетных.

Особую актуальность подобные исследования приобретают в условиях восстановления нарушенных экосистем и в местах, защищенных от прямых антропогенных воздействий: заповедниках. Результаты таких исследований могут быть использованы как базовые сведения для решения некоторых прикладных задач: сохранение и поддержание биоразнообразия экосистем, а также при оценке изменений их свойств и функций в условиях антропогенно нарушенного ландшафта.

Еще одной важной причиной интенсивного изучения истории пожаров и пожарных режимов в последние годы стала политика управления лесным хозяйством, ориентированная на природные нарушения динамики растительности. Подобное управление позволяет сохранить экологические функции лесов при одновременном рациональном использовании природных ресурсов на неистощительной основе.

Цель исследования: определение закономерностей воздействия пирогенного фактора на динамику растительности пожарно-адаптированной экосистемы полесий Нижегородского Заволжья за последние два столетия.

Задачи исследования:

1. Найти материалы лесоустройства, описывающие состояние лесов междуречья р. Большая Черная и р. Пугай и создать на их основе базу данных (БД) таксационных описаний и ГИС¹-проект.
2. Определить изменение структуры сосновых древостоев на территории междуречья р. Большая Черная и р. Пугай за последние 100 лет (и более).
3. Провести анализ влияния площади вырубок на размеры гарей.
4. Определить основные параметры пожарных режимов малонарушенных и нарушенных лесов междуречья р. Большая Черная и р. Пугай.
5. Определить изменение нарушенности лесного покрова междуречья р. Большая Черная и р. Пугай за последние 100 лет.
6. Определить границы пожарищ 1972 г. на территории южного Нижегородско-

¹ ГИС – географическая информационная система.

го Заволжья по данным дистанционного зондирования Земли.

7. Провести анализ влияния контролируемых и неконтролируемых пожарных нарушений на динамику растительности экосистемы полесий Нижегородского Заволжья.

Научная новизна работы. Выявлен процесс утраты упругости к пожарным нарушениям пожарно-адаптированной экосистемой полесий Нижегородского Заволжья. Впервые выявлено возникновение синергетического эффекта при воздействии двух видов нарушений (пожаров и интенсивных рубок леса) на растительность экосистемы сосновых лесов полесий Русской равнины. Определены основные показатели пожарных режимов в малонарушенных и нарушенных сосновых лесах на изучаемой территории. Определена основная причина возникновения крупных гарей 1972 г. на территории сосновых лесов полесий Нижегородского Заволжья.

Научно-практическая значимость. Проведенные исследования вносят существенный вклад в решение проблемы, связанной с изучением воздействия факторов внешней среды на биологические системы; в частности, в изучение взаимодействия сукцессий растительных сообществ (детерминированный процесс {Clements, 1916 цит. по: Разумовский, 1999}) пожарно-адаптированной экосистемы полесий Русской равнины и пожарных нарушений (стохастический процесс). При этом показано возникновение синергетического эффекта и изменение упругости пожарно-адаптированной экосистемы к пожарным нарушениям. Результаты этих исследований учтены при внедрении в Нижегородской области нового вида для лесного хозяйства области профилактического противопожарного мероприятия – контролируемых выжиганий в сосновых молодняках. Результаты этих исследований могут быть использованы при разработке стратегии и тактики ведения лесного хозяйства в сосновых лесах полесий Русской равнины и при разработке стратегии управления пожарами в заповедных лесах.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Пожарно-адаптированная экосистема сосновых лесов полесий Нижегородского Заволжья в существенной степени утрачивает свою упругость к пожарным нарушениям, если в результате катастрофических нарушений растительный покров становится относительно гомогенным и состоящим из растительных сообществ, находящихся на ранних стадиях сукцессии, когда экологические свойства местообитаний определяются в основном абиотическими факторами, а ценотическая среда отсутствует или недостаточно развита.
2. При воздействии на растительность междуречья р. Б. Черная и р. Пугай пожарных нарушений и интенсивных рубок леса в XX в. возник синергетический эффект.

3. Основной причиной возникновения крупных гарей (непокрытых лесом земель) в 1972 г. в сосновых лесах полесий Нижегородского Заволжья является деятельность человека (интенсивные рубки леса), а не природные и климатические особенности этой территории.

Апробация работы и публикации. Основные результаты работы доложены на региональной конференции «Восстановление торфяных болот в России: значение для регионов» (Н. Новгород, 2003 г.), на V Международном научно-промышленном форуме "Великие реки – 2003" (Н. Новгород, 2003), на Международной научно-практической конференции «Современные проблемы особо охраняемых природных территорий и экологического образования» посвященной юбилею Алтайского заповедника (пос. Яйлю, Алтайский край, 2007 г.) и на научно-техническом совете заповедника «Керженский» (Н. Новгород, 2008 г). По теме диссертации опубликовано 11 работ, в т. ч. три статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 130 страницах и состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. В работе приведено 17 рисунков, 16 таблиц и 5 фотографий. Список использованной литературы содержит 135 источника, в том числе 18 на иностранных языках.

Личный вклад автора. Автором проведены архивные исследования, составлены БД таксационных описаний, включающие информацию о 8848 выделах и о количестве гарей, возникавших за последние 130 лет, в каждом из 2734 выделов; ГИС-проект изучаемой территории. Под непосредственным руководством автора проводились контролируемые выжигания и сбор материалов для оценки влияния пирогенного фактора на растительные сообщества. Аналитическая, математическая и статистическая обработка основного объема материала диссертации также проводилась автором.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к. б. н. В. П. Воротникову, д. с.-х. н. В. В. Фуряеву, сотрудникам заповедника «Керженский» С. Ю. Попову, Л. М. Новиковой, М. В. Языкову, И. Н. Дмитриевой за помощь, оказанную при сборе и обработке материала, а также администрации заповедника «Керженский» за всестороннюю поддержку проведенных исследований. Исследования проводились при финансовой поддержке фонда Макартуров, Института устойчивых сообществ и Комитета охраны природы и управления природопользованием Нижегородской области.

Глава 1. Обзор литературы

Пожары – это один из важных экологических факторов, определяющий динамику многих наземных экосистем (Turner, William, 1994; Whelan, 1995; Goldammer, Furyaev 1996; Ваганов, Арбатская, 1996; Gardner et all, 1999 и др.) с того момента, как на Земле существуют растительность и молнии (Pyne, 1982 цит. по: Wildland fire..., 2000), т. е. с конца девонского периода, когда пожары возникали от молний и извержений вулканов (Cope, Challoner, 1980). На территориях, где происходят различные по интенсивности, суровости, частоте и др. показателям пожары, наблюдается тенденция к наибольшему разнообразию в экосистемных компонентах (Swanson et all, 1990 цит по: Wildland fire..., 2000). Однако биоразнообразие может уменьшиться, когда пожары происходят более часто в сравнении с историческим пожарным режимом (Wildland fire..., 2000).

При изучении пожарных режимов особенно важна экологическая информация о воздействии огня на доминирующие виды растений; сохраняются они или нет после пожара (Wildland fire..., 2000). С одной стороны пожарные и др. нарушения могут вызвать образование рецидивного (возникающего при частом повторении одних и тех же нарушений, каждый раз отбрасывающих местообитание назад на одну или несколько стадий сукцессии) или диаспорического (возникающего при прекращении нормальной смены ассоциаций по причине отсутствия семян эдификатора следующей стадии сукцессии) субклимаксов. А с другой стороны определенная норма нарушений является необходимым условием нормального функционирования сукцессионной системы растительности (Разумовский, 1999).

Во многих регионах Земли отдельные экосистемы адаптировались к периодическим пожарам. По мнению Heinselman (1978 цит: по Kilgore and Heinselman, 1990), в Северной Америке в прошлом существовали пожарно-зависимые (fire-dependent) леса с особым пожарным режимом (Continental fire regimes), который позволял этим экосистемам устойчиво существовать в течение длительного периода времени. Полесья Русской равнины также можно отнести к экосистемам, адаптированным к периодическим пожарам. Возникновение здесь периодических пожаров признается многими исследователями вполне закономерным процессом, обусловленным климатическими и природными особенностями этой территории. В сосновых лесах в ходе филогенеза, протекающего в позднем кайнозое в условиях континентального климата и частых пожаров, сложился специфичный состав экобиоморф растений всех ярусов фитоценоза. В верхнем ярусе их доминирует пирофит-фанерофит сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* Linnaeus, 1753), а в травяно-кустарничковом ярусе преобладают относитель-

но пожароустойчивые виды из групп гео- и гемикриптофитов (Смирнов, 1970, цит. по: Санников, 1992).

Эти особенности, по мнению многих исследователей, и стали основной причиной крупнейшего пожара XX в., произошедшего в 1972 г., при этом в качестве дополнительных причин часть исследователей отмечают и причины антропогенного характера. При этом, по нашему мнению, в этих исследованиях недостаточное внимание уделено, во-первых, сложенному эффекту воздействия пожаров и рубок леса на эту пожарно-адаптированную экосистему и, во-вторых, изменениям пожарных режимов и суровости пожаров.

Глава 2. Природная характеристика района исследований

Исследования проводились в сосновых лесах Нижегородского Заволжья. Согласно геоморфологическому районированию, исследуемая территория расположена в восточной части Пояса полесий и ополий Русской равнины.

Площадь пожарищ 1972 г. определялась на территории Керженецко-Людновского борово-болотного подрайона хвойно-лесного района Горьковской области (Аверкиев, 1954). Протяженность исследуемой территории с севера на юг составляет около 80 км, а с запада на восток – около 100 км, площадь – около 7500 км². Общая площадь пожаров в Нижегородской области по данным лесхозов за весь период их существования (1936–2007 гг.) составляет 716,1 тыс. га (Куприянов и др., 1995; отчетные данные Департамента лесного комплекса Нижегородской области за 1991–2007 гг.), при этом более половины (56 %) от этой площади приходится на долю пожаров, произошедших всего за один 1972 г. На территории Керженецко-Людновского борово-болотного ботанико-географического района площадь крупных пожарищ 1972 г. составляет 277,5 тыс. га или около 35 % от площади этого района (рис. 1).

Исследование изменений структуры сосновых древостоев проводилось на территории междуречья² р. Большая Черная (здесь и далее с учётом р. Чёрной) и р. Пугай, которая является частью территории государственного природного биосферного заповедника «Керженский». Междуречье расположено в центре Керженецко-Людновского борово-болотного ботанико-географического подрайона и в центральной части крупнейшего пожарища 1972 г. на территории Нижегородской области. Площадь этого пожарища составляет 174,2 тыс. га, а площадь Междуречья (13615 га)

² Междуречье – это внедолинная территория между двумя реками (Киреев, 1984); в данном случае это слово употребляется в более широком понятии. В состав территории, находящейся между р. Б. Чёрная и р. Пугай, включены кроме собственно междуречья долины рек; далее для краткости Междуречье.

– около 13 % от площади этого пожарища.

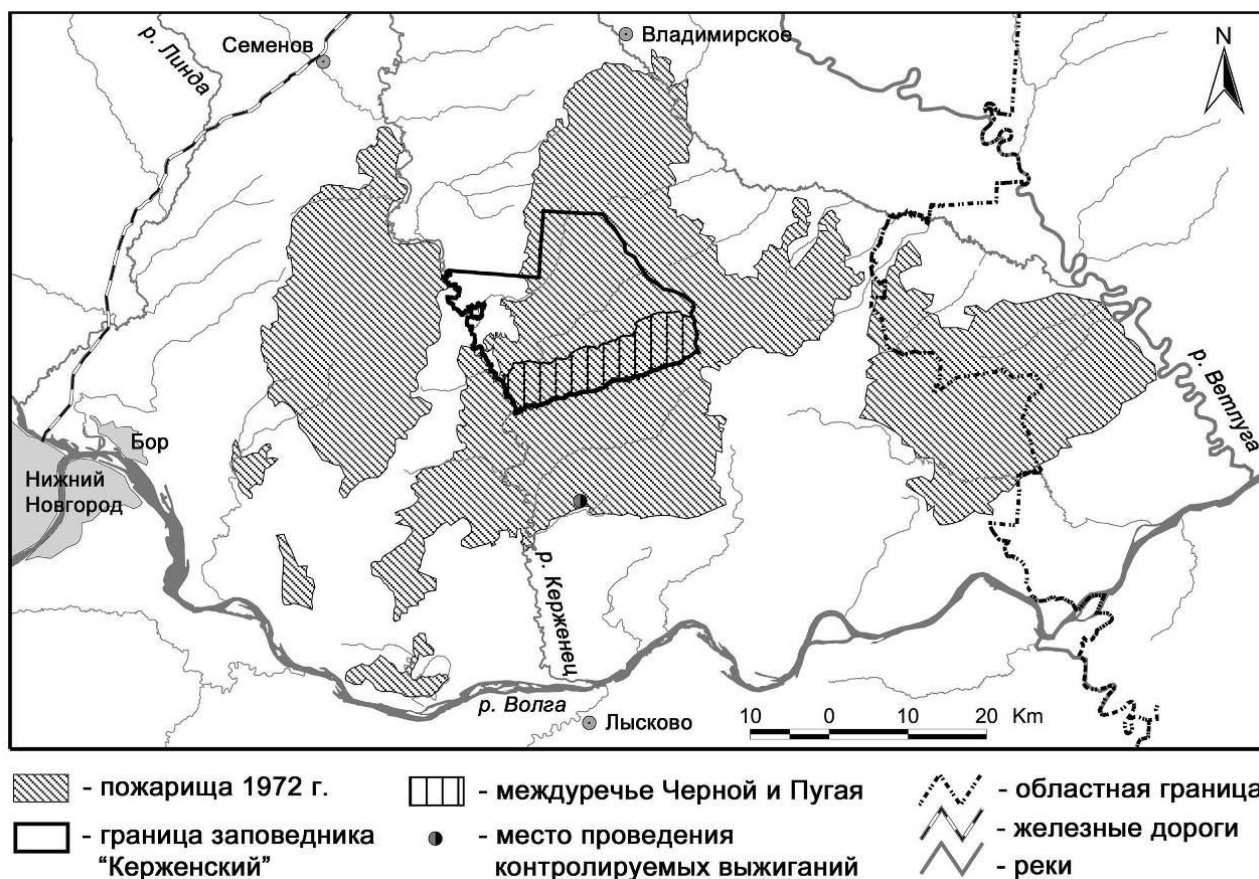


Рис. 1. Схема крупных пожарищ 1972 г. на территории Керженецко-Людновского борovo-болотного ботанико-географического подрайона (по: Константинов, 2010)

Контролируемые выжигания проводились на площади 3,2 га в 15 км к югу от Междуречья, географические координаты центра этого участка – $56^{\circ} 17''$ с. ш. и $45^{\circ} 02''$ в. д.

Глава 3. Материалы и методы исследования

3.1. Воздействие пирогенного фактора на динамику растительности междуречья р. Большая Черная и р. Пугай

Для оценки воздействия пожаров на сосновый древостой Междуречья использовались материалы лесоустройства, начиная с конца XIX в. и др. источники. В результате поисков и архивных исследований собраны таксационные описания и планы лесонасаждений семи туров лесоустройства: 1898–1899 (часть материалов), 1939 (только план лесонасаждений), 1954, 1967–1968, 1973, 1983, 1998–1999 гг., а также другие материалы.

Составлена база данных (БД) таксационных описаний по данным шести туров лесоустройства (за исключением 1939 г.) и БД гарей, возникавших в период 1874–

2003 гг. БД реализованы в СУБД Microsoft Access 2003 и включают информацию о 8848 выделах и о количестве гарей, возникавших за последние 130 лет в каждом из 2734 выделов, которые выделены в процессе последнего лесоустройства.

В этом исследовании слова «гарь» и «горельник», обычно употребляемые как синонимы, используются как два принципиально разных понятия. Под гарью понимается лесная площадь с древостоем, погибшим в результате пожара. Горельник – лесная площадь с древостоем, частично погибшим в результате пожара (Указания..., 1993); гарь – непокрытая лесом территория, а горельник – покрытая лесом территория. Объединяет гарь и горельник слово «пожарище». Это лесная территория, на которой был пожар, находящаяся на различных стадиях лесовосстановления; возраста пожара; степени изменения леса огнём, нарушенности почвенного покрова, подлеска, подроста, древостоя, почв, горных пород (Киреев, 1984). Такой подход целесообразен также в связи с тем, что пожароустойчивость сосны с возрастом увеличивается до возраста естественной спелости (Мелехов, 1948).

Размер и границы исследуемой территории определялись принципами бассейнового подхода (Экологические аспекты..., 2001) с учетом специфики распространения низовых низкоинтенсивных пожаров, локализация которых обеспечивается системой рек и болот.

Для изучения динамики нарушенности лесов Междуречья использовался обобщающий показатель – коэффициент нарушенности лесов, который основан на представлениях о характерных временах жизненного цикла лесных биогеоценозов, всегда направленного в сторону климакса или субклимакса. Мерой нарушенности биогеоценоза выступает отношение времени, оставшегося до достижения климакса или субклимакса, к длине жизненного цикла в процентах. Биогеоценозы, находящиеся в климаксовом или субклимаксовом состоянии, имеют нулевую нарушенность, а лесные пустоши – полную; остальные в зависимости от своей структуры и состава имеют промежуточные показатели нарушенности (Шейнгауз, Швейко, 2001).

При анализе и прогнозе динамики растительности использована концепция сукцессионной системы С. М. Разумовского (1981, 1999), в которую организованы все растительные ассоциации ботанико-географического района.

Пожарища 1972 г. на территории Нижегородского южного Заволжья выявлялись на космоснимках Landsat TM (30.05–20.07.1982 и 06.06.1983 г.; пространственное разрешение снимков 30 м) в результате экспертного визуального дешифрирование снимков в сочетании со средствами улучшения отображения снимков.

3.2. Воздействие контролируемых пожарных нарушений на растительные сообщества

В 2003 г. на территории бывшего Лысковского лесхоза Нижегородской области проведены контролируемые выжигания в сосновых молодняках искусственного происхождения. Спустя три года в июле и августе 2006 г. на трех опытных и одном контрольном участках проведены таксационные, пирологические, геоботанические (Фурьев и др., 2008) и др.³ исследования.

В целях таксационного описания древостоя заложено 16 постоянных круговых пробных площадей, по четыре на каждом участке, размещенных по принципу систематической выборки (Общесоюзные нормативы..., 1992). На опытных и контрольном участках проведен учет напочвенных лесных горючих материалов (ЛГМ): травы и кустарнички; мхи и лишайники; мелкие сучья толще 7 мм; опад (хвоя, ветошь, шишки, мелкие сучья тоньше 7 мм и т. д.); подстилка.

С целью определения возможности распространения горения по напочвенному покрову 15 и 16 июля 2006 г. проведено по одному опытному зажиганию на всех участках, данные по всем опытным участкам объединены и усреднены.

При составлении геоботанических описаний на всех постоянных круговых пробных площадях описывался напочвенный растительный покров на круговой площадке радиусом 10 м, производилась глазомерная оценка проективного покрытия для каждого вида травяно-кустарничкового, мохового и лишайникового ярусов. Анализ эколого-ценотических групп видов растений проведен с использованием классификации, использованной в базе данных "Флора сосудистых растений Центральной России" (<http://www.jcabi.ru/ecol/index.shtml>).

Оценка статистической значимости различий между четырьмя площадками производилась с использованием критерия Крускала-Уоллиса. При выявлении статистически значимых различий производились множественные сравнения групп с использованием U-критерия Манна-Уитни.

Глава 4. Воздействие пирогенного фактора на динамику растительности междуречья р. Большая Черная и р. Пугай

4.1. Изменение пространственно-временной структуры древостоя

Общая площадь земель, занимаемых сосновыми древостоями на протяжении 100 лет, составляла около 70 % от общей площади Междуречья за исключением периода восстановления древостоев после крупнейшего пожара 1972 г. (рис. 2).

³ Результаты этих исследований опубликованы (Дмитриева, 2006; Сидоренко, 2006).

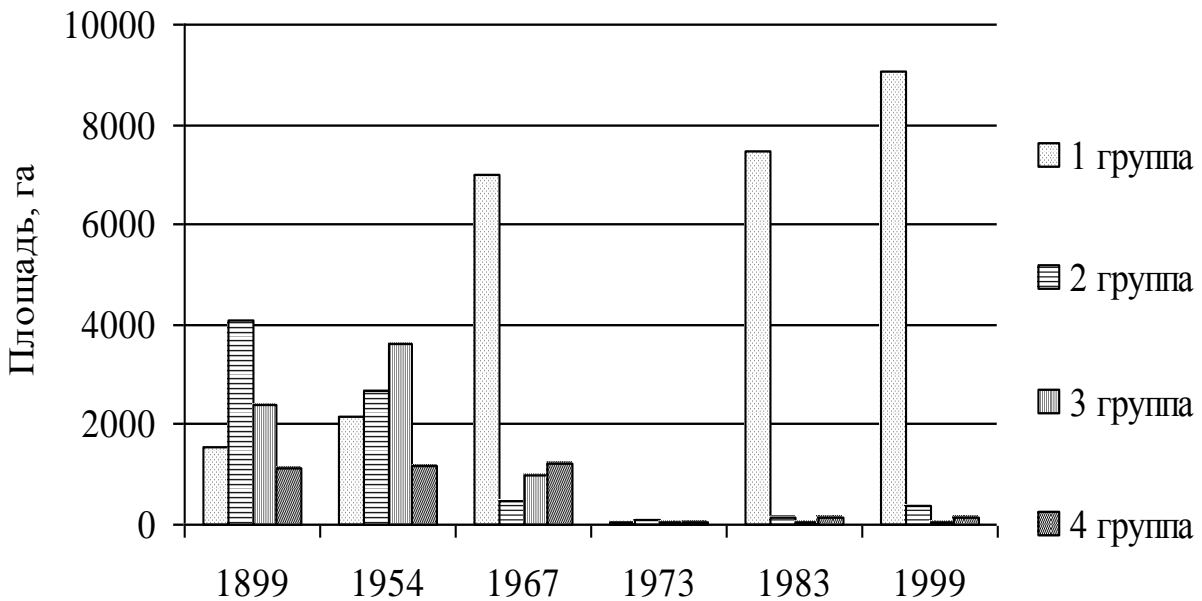


Рис. 2. Изменение площади сосновых древостоев на территории Междуречья по группам возраста

Площадь древостоев 3 (81–100 лет) и 4 (101 год и более) групп возраста была наибольшей в 1954 и 1899 гг., 50 и 38 % от общей площади сосновых древостоев соответственно. К 1967 г. их площадь снизилась и составляла 23 %, а по данным двух последних лесоустройств – всего около 2 %.

После пожара 1972 г. в составе сосновых древостоев до настоящего времени абсолютно доминируют (около 95 %) сосновые древостои 1 группы возраста (до 40 лет). Как известно, это наименее пожароустойчивая возрастная группа сосновых древостоев, имеющая высший класс природной пожарной опасности (1 класс).

Общая площадь гарей, возникавших с 1874 по 2003 гг., составляет 14280 га, что на 665 га больше, чем общая площадь Междуречья. Это связано с тем, что часть гарей неоднократно возникала на одних и тех же участках.

Все эти гари образовались за 13–17 пожароопасных сезонов. Площадь каждой гари, которые возникали за последние 130 лет, не превышала 8 % от площади Междуречья, за исключением 1972 г., когда возникла гарь, площадь которой в 10 раз превысила этот показатель. Для лесов Междуречья пожар 1972 г. был уникальным (по размерам образовавшейся гари) за последние как минимум 230 лет (Константинов, 2004). Более чем за вековой период на отдельных участках Междуречья насаждения подвергались уничтожению пожарами неоднократно: 2, 3 и 4 раза.

В конце XIX в. и в первой половине XX в. гари возникали на относительно небольших по площади участках. На этих гарях в короткие сроки (5–20 лет) происходило естественное возобновление сосны. В 1972 г. произошло объединение всех бывших гарей Междуречья, возникли участки, на которых естественное возобновление

сосны прекратилось или резко ухудшилось.

Особенностью пожара 1984 г. и подобных некрупных пожаров является то, что они способствуют сохранению на более длительный срок условий, которые наиболее благоприятны для возникновения и распространения новых и новых пожаров.

В распределении лесных участков Междуречья по классам пожарной опасности за вековой период произошли существенные изменения. Площадь лесных участков, относящихся к 1 классу пожарной опасности, за этот период увеличилась более чем на 7 тыс. га, а площадь лесных участков, относящихся ко 2 классу пожарной опасности, напротив, уменьшилась на 5,5 тыс. га. В целом за вековой период произошло существенное увеличение пожароопасности лесов Междуречья.

4.2. Зависимость размеров гарей от площади вырубок

Еще одним видом наиболее крупных нарушений, воздействующих на сосновые леса полесий, являются рубки леса, ведущиеся в промышленных масштабах. В Нижегородском южном Заволжье наиболее масштабные по своим объемам рубки леса производились в середине XX в. Так, например, на территории Семеновского лесхоза в 1950 г., в состав которого в то время входило Междуречье, было вырублено 419,5 тысяч м³ древесины, что составляло 303 % от ежегодной расчётной лесосеки (Годовой отчёт..., 1950). На следующий год было вырублено 528 тысяч м³ древесины или 381 % от ежегодной расчётной лесосеки (Годовой отчёт..., 1951). Анализ площади сплошных рубок леса (основной вид рубок леса на территории Междуречья), произведенных в течении XX в. на территории Междуречья, показывает, что наиболее интенсивные рубки на этой территории проводились в тот же период времени, что и на территории Семеновского лесхоза. За пятидесятые и шестидесятые годы XX в. суммарная площадь вырубок составила более половины (около 60 %) от общей площади вырубок, которые возникали в течение всего этого столетия на территории Междуречья.

Проведенный корреляционный анализ показал, что между размерами крупных гарей и суммарными площадями вырубок за 20-летний период, который предшествовал времени их образования (рис. 3) существует сильная положительная статистически значимая корреляция (ранговый коэффициент корреляции Спирмена равен 0.89, $p=0.041$).

4.3. Изменение нарушенности лесного покрова

С начала и до сороковых годов XX в. нарушенность лесного покрова Междуречья практически оставалась постоянной, с сороковых годов и до начала семидесятых

годов нарушенность резко возрастала, а с начала семидесятых годов и до конца XX в. нарушенность снижалась.

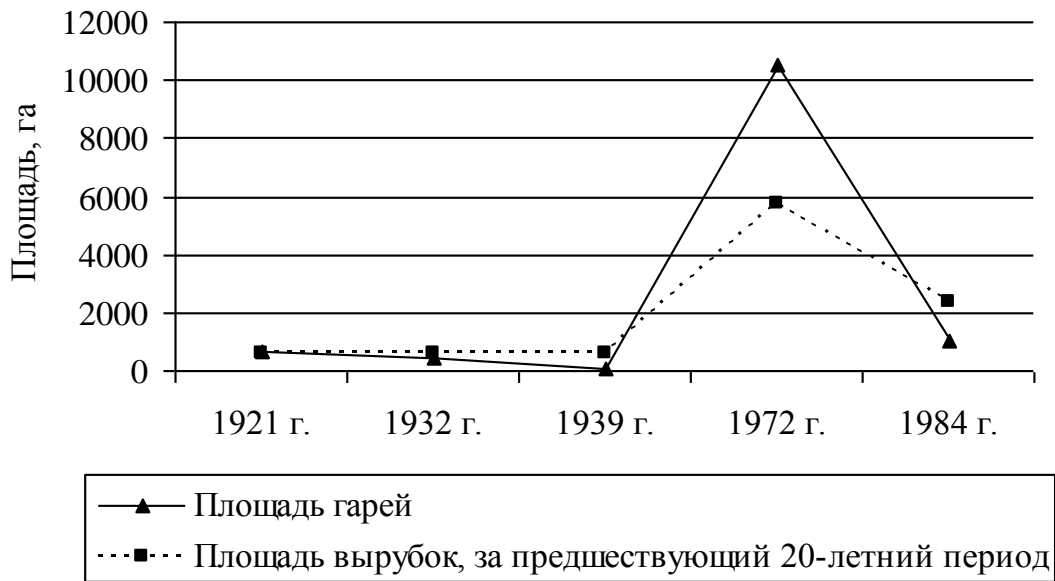


Рис. 3. Площади крупных гарей и вырубок за 20 летние периоды, предшествующие образованию гарей, на территории Междуречья

Наибольшая положительная среднегодовая скорость изменения нарушенности была в период с 1955 по 1972 гг. Практически в течение всего этого периода основным нарушающим фактором были рубки леса, а в конце этого периода, когда структура растительного покрова была уже достаточно сильно нарушена деятельностью человека, произошел катастрофический пожар 1972 г.

4.4. Основная причина образования гарей 1972 г. и изменение пожарного режима

По мнению Н. В. Куприянова с соавторами (1995), основной причиной пожаров 1972 г. явилась засуха, а решающее влияние на распространение огня в 1972 г. оказал сильный ветер, под действием которого лесные пожары распространились на десятки километров в течение одних-двух суток. Известно (Процеров, 1949), что засухи в Европейской части России довольно частое явление, и что во время засух происходят крупные пожары (на территории Междуречья во время засух крупные гари возникали в 1921, 1972 гг., и возможно, в 1892 и 1939 гг.). Но размеры гари, образовавшейся на территории Междуречья в 1972 г., существенно больше других, поэтому экстремальные погодные условия (в том числе и сильный ветер, например, в 1921 г. также как и в 1972 г., отмечался сильный ветер (Курбатский, Валендик, 1974)) не могут быть основной причиной уникальности пожара 1972 г.

Из всех ключевых факторов, определяющих параметры пожарных режимов,

только деятельность человека в течение XIX и XX вв. претерпела существенные изменения. В результате интенсивных рубок леса произошли существенные изменения в возрастной и пространственной структуре сосновых лесов на территории Междуречья, и поэтому деятельность человека является основной причиной возникновения крупнейшей гари 1972 г.

При совместном воздействии на сосняки пожарных нарушений и интенсивных рубок леса возник эффект синергизма (Константинов, 2004) – интеграция двух (или более) факторов, действующих так, что их совместный эффект больше, чем сумма индивидуальных эффектов.

В прошлом в малонарушенных⁴ сосновых лесах Междуречья в результате пожаров возникали горельники, в которых эдификаторный ярус сосны после лесных пожаров сохранялся (Константинов, Фуряев, 2004), и локальные гари. На локальных гарях происходило не только успешное естественное возобновление сосны (как от стен леса примыкавших к гари, так и единичных деревьев, сохранявшихся на гари), но и успешное формирование пожароустойчивых сосновых древостоев. Так, например, на гарях 1839 и 1840 гг. и на гари 1872 г., расположенных на территории Междуречья, произошло не только успешное естественное возобновление сосны, но и формирование пожароустойчивых 80–100 летних сосновых древостоев.

В середине XX в. на территории Междуречья в результате проведения концентрированных сплошных рубок с шириной лесосек до 500 м (Константинов, 2004) исчезли наиболее пожароустойчивые сосновые древостои и произошло ухудшение условий естественного возобновления сосны. На вырубках в результате искусственного и естественного возобновления возникали сосновые молодняки, которые в течение продолжительного периода времени (несколько десятков лет) сохраняли повышенную пожароопасность. Появились участки, где из-за частых опустошительных пожаров не успевал сформировываться пожароустойчивый сосновый древостой. Площадь лесных участков, имеющих низкую пожароустойчивость, постоянно увеличивалась. В итоге произошло существенное изменение возрастной и пространственной структуры сосновых лесов Междуречья, а это, в свою очередь, привело к изменению пожарного режима в этих лесах. Изменение пожарного режима проявилось в существенном усилении суровости (стали возникать гари) и частоты опустошительных пожаров (на гарях не успевал сформировываться пожароустойчивый сосновый древостой), а также в

⁴ Малонарушенный естественный лес – лес, в течение длительного времени развивающийся без катастрофических воздействий человека, в котором смена поколений деревьев происходит постепенно естественным путем, имеющий площадь, достаточную для функционирования естественных механизмов такой смены, и соответствующую им мозаику участков (Ярошенко, 1999).

существенном увеличении размеров гарей (естественное возобновление сосны из-за больших размеров гарей ухудшалось или вовсе прекращалось), на которых отсутствовали семенные деревья сосны или их количество было недостаточным для эффективного естественного возобновления сосны.

4.5. Изменение упругости пожарно-адаптированной экосистемы полесий к пожарным нарушениям и прогноз ее состояния

Ожидается, что любая система упруга по отношению к нарушениям и изменениям, находящимся в пределах того нормального “репертуара”, с которым она сталкивается на протяжении всего своего экологического времени. Упругость – это величина нарушения, которую экосистема может поглотить или сгладить, прежде чем ее структура будет кардинально трансформирована в другое состояние (Holling 1973, 1986 цит. по: Meffe, Carrol, 1997).

В XIX в. и начале XX в. экосистема сосновых лесов на территории Междуречья была достаточно упруга к пожарным нарушениям. Согласно гипотезе «импульсной пирогенной стабильности» (Санников, 1992: с. 207–208) природные популяции сосны способны успешно возобновляться, выживать и длительно доминировать в составе фитоценозов в условиях «циклически пожарного» режима среды. Эта стабильность обеспечивается мозаично-ступенчатой возрастно-высотной гетерогенной (обычно с разрывом поколений во времени не менее 30–60 лет) структурой популяций сосны. К концу XIX в. на территории Междуречья еще сохранялись сосновые древостои с подобной структурой (Отчёт по ревизии ..., 1899).

Во второй половине XX в. экосистема полесий на территории Междуречья в существенной степени утратила упругость к пожарным нарушениям в результате катастрофических нарушений (рубок леса и пожаров). Возрастная структура популяций сосны стала относительно гомогенной и на территории Междуречья стали значительно преобладать по площади растительные сообщества, находящиеся на ранних стадиях сукцессии, когда экологические свойства местообитаний в основном определяются абиотическими факторами, а ценотическая среда отсутствует или недостаточна развита. В конце XX в. на территории Междуречья уже преобладали сосновые молодняки в возрасте 20–25 лет (Таксационное описание Черноозёрского лесничества, лесоустройство 1998–1999 гг.).

Если в прошлом для образования на территории Междуречья крупнейшей гари 1972 г. потребовалось возникновение синергетического эффекта при взаимодействии двух видов нарушений, то в настоящее время – после изменения пожарного режима на этой территории – для возникновения аналогичной гари будет достаточным «тра-

диционного» для сосновых лесов пожарного нарушения. Это связано с тем, что значительную часть территории этих лесов занимают массивы сосновых молодняков, имеющие низкую пожароустойчивость и высокую степень пожарной опасности.

Известно, что синергизм ведет к точке бифуркации, за которой происходит или распад системы, или её переход в новое качество. В малонарушенных сосновых лесах Междуречья периодические пожары вызывали образование рецидивного субклимакса, в результате этого сосняки сохраняли свое постоянное господство в течение неопределенно долгого периода времени, но после широкомасштабных сплошных рубок леса и пожара 1972 г. произошло качественное изменение воздействия пожарных нарушений на сосновые леса Междуречья. Если произойдет очередной опустошительный пожар, рецидивный субклимакс в сосновых лесах Междуречья, по крайней мере, на отдельных участках, может смениться диаспорическим субклимаксом. Если же на протяжении достаточно продолжительного периода времени на территории Междуречья не будут происходить катастрофические нарушения, то произойдет существенное изменение возрастной и пространственной структуры сосняков и, как следствие, восстановление утраченного пожарного режима, характерного для малонарушенных сосновых лесов.

Глава 5. Воздействие контролируемых пожарных нарушений на структуру растительных сообществ

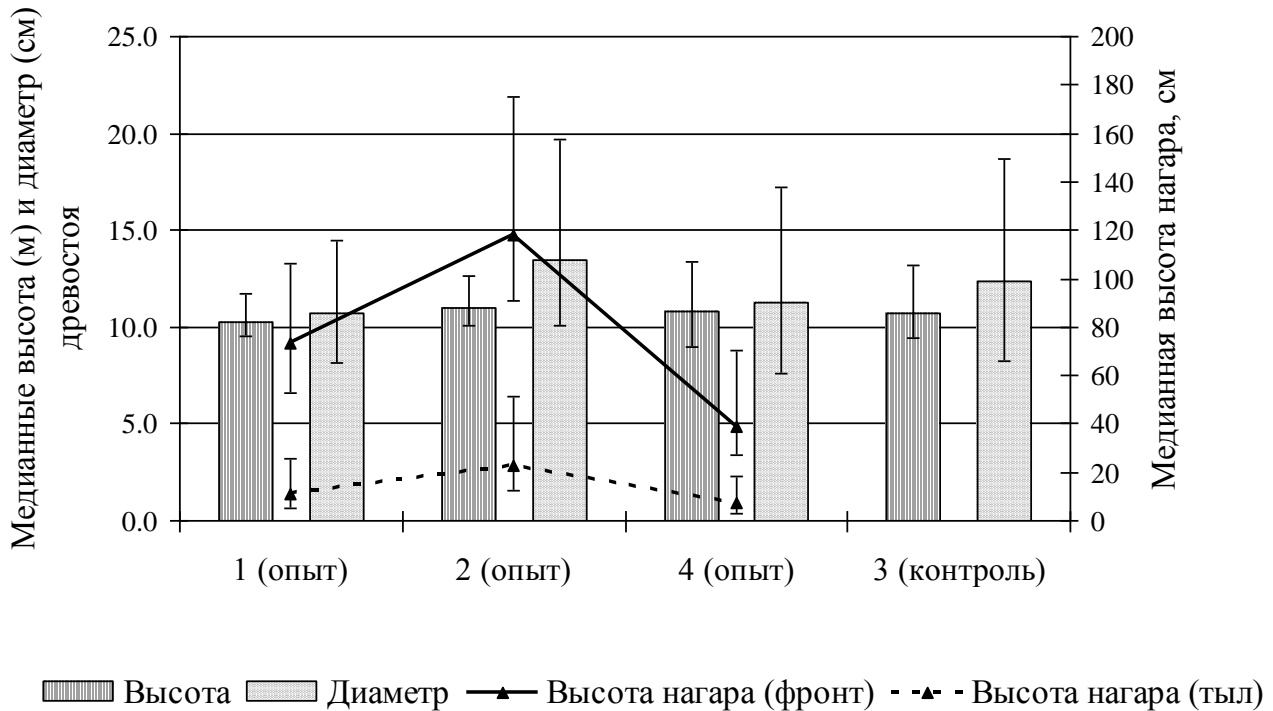
5.1. Воздействие контролируемых пожарных нарушений на древесный ярус

В составе древостоя на всех участках (опытных и контрольном), расположенных в сходных условиях местопроизрастания (свежий бор), абсолютно преобладает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*) искусственного происхождения. На всех участках сосновый древостой имеет один и тот же средний возраст и бонитет, но при этом имеются определенные отличия по средней высоте и среднему диаметру древостоя. Относительная полнота древостоев на всех участках примерно одинаковая и характеризуется как высокая (0,8–0,9), за исключением опытного участка № 2, на котором древостой имеет низкую относительную полноту (0,5).

Древостой на всех участках по своему состоянию относится к категории «здоровый»: степень ослабленности древостоя на опытных участках одинаковая и составляет 1,2 балла, на контрольном участке она несколько выше (1,4).

Высота нагара на деревьях в наибольшей степени варьирует на опытном участке № 2 и в наименьшей степени на опытном участке № 4 (рис. 4). Это связано с различной интенсивностью огневого воздействия на деревья в пределах каждого опытного участка, которая зависела в основном от применяемого способа выжиганий, метеоро-

логических условий и размещения лесных горючих материалов во время проведения контролируемых выжиганий.



Условные обозначения: «усы» на графике – 25 % и 75 % процентиля.

Рис. 4. Показатели сосновых древостоев и высота нагара на стволах деревьев

Проведенный корреляционный анализ показывает, что в большинстве случаев существует статистически значимая положительная умеренная корреляция основных таксационных показателей (высота и диаметр дерева) с пирологическими показателями. Корреляция высоты деревьев и высоты нагара со стороны фронтальной кромки огня на всех опытных участках положительная и оценивается как умеренная. Взаимосвязь диаметра деревьев и высоты нагара также положительна на двух опытных участках, и оценивается как умеренная для опытного участка № 1 и как слабая для опытного участка № 4. Отсутствие статистически значимой корреляции между диаметром деревьев и высотой нагара на опытном участке № 2, по-видимому, связано с влиянием на диаметр деревьев дополнительного фактора – достаточно сильной изреженности древостоя.

Проведенный анализ не выявил статистически значимых различий в показателях роста сосновых древостоев, в которых проводились контролируемые выжигания, в сравнении с аналогичными показателями соснового древостоя, не подвергнувшегося огневому воздействию. Кроме этого, состояние соснового древостоя на всех опытных участках оценено как «здоровое». Поэтому в целом для соснового древостоя контролируемое пожарное нарушение, действие которого они испытали три года назад,

можно определить как бедствие, в результате которого образовались горельники, т. е. эдификаторный ярус древостоя сохранился. Тогда как обычно неконтролируемые пожарные нарушения, происходящие в сосновых молодняках, вызывают их гибель с образованием гари и являются для них катастрофой.

5.2. Воздействие контролируемых пожарных нарушений на травяно-кустарничковый, моховой и лишайниковый ярусы

Общее число видов сосудистых растений, мхов и лишайников на изученных площадках составляет 37. Из них наименьшим видовым разнообразием характеризуется контрольный участок, где было зафиксировано вдвое меньше видов (19), по сравнению с их общим количеством. В то же время количество видов на каждом опытном участке превышает количество видов на контрольном участке не более чем в 1,5 раза. Сильно-, и среднегоревшие участки имеют достаточно высокий уровень сходства между собой (коэффициент Сьеренсена $\{ K_s \} = 0,73$) и гораздо меньший – с контрольным участком ($K_s = 0,65$ и $0,48$). Наиболее высокий уровень сходства имеют контрольный участок и опытный участок № 4 ($K_s = 0,81$), где из-за меньшей нарушенности подстилки (менее полного ее выгорания по всей площади) доля эксплерентов оказалась меньше.

Анализ эколого-ценотических спектров флоры (рис. 5) на каждом участке показывает, что увеличение флористического разнообразия на горельниках происходит за счет увеличения числа боровых (*Artemisia campestris*, *Astragalus arenarius*, *Trommsdorffia maculata*, *Pulsatilla patens*, *Koeleria glauca* и др.) и луговых (*Agrostis vinealis*, *Steris viscaria*, *Linaria vulgaris*) видов, а также появления степных видов (*Centaurea sumensis*). Кроме того, слабогоревшая площадь и контроль отличаются от более сильно горевших участков наличием в их флористическом списке неморальных видов (*Populus tremula*, *Convallaria majalis*).

Кроме этого опытные участки отличаются от контрольного участка тем, что проективное покрытие травяно-кустарничкового, мохового и лишайникового ярусов на этих участках заметно меньше (табл.).

Наиболее заметны эти различия для мохового и лишайникового ярусов, которые практически полностью отсутствуют на участках, пройденных огнем. Эти различия связаны главным образом с тем, что на опытных участках огнем был практически полностью уничтожен лишайниковый ярус, состоящий в основном из различных видов рода *Cladonia*.

В практическом плане значимым является то, что в результате проведенного мероприятия произошло существенное снижение природной пожарной опасности со-

сновых молодняков – наиболее пожароопасной возрастной группы сосняков на территории полесий Русской равнины.

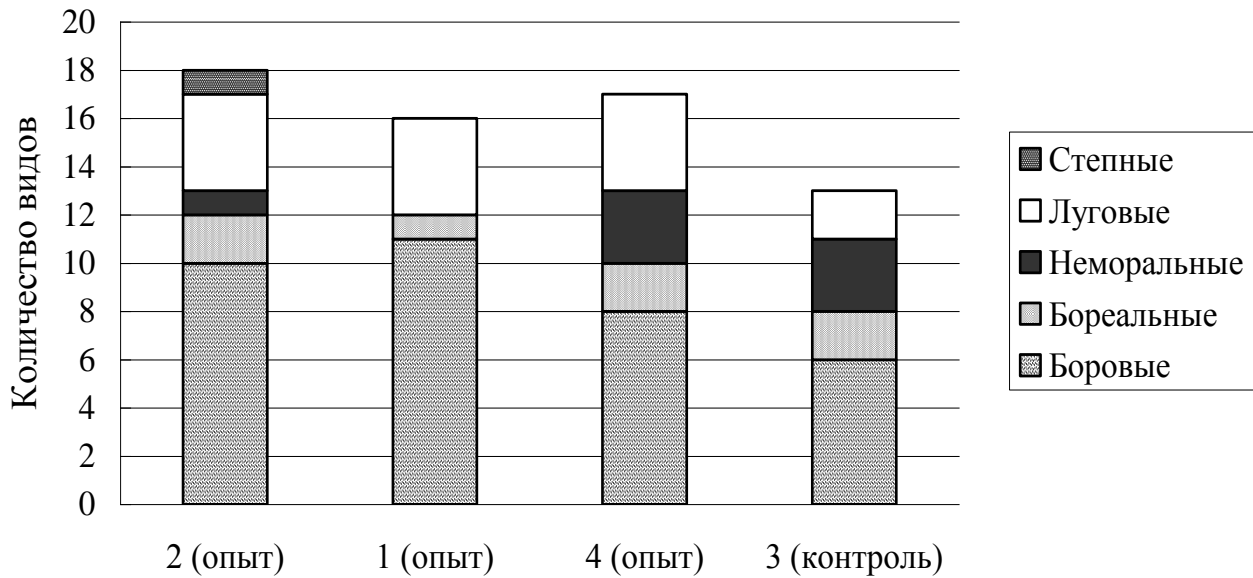


Рис. 5. Распределение растений на участках по эколого-ценотическим группам

Таблица

Проективное покрытие травяно-кустарничкового, мохового и лишайникового ярусов на контрольном и опытных участках

Участки	Проективное покрытие, %	
	травяно-кустарничковый ярус	моховой и лишайниковый ярусы
2 (опыт)	18	5
1 (опыт)	10	3
4 (опыт)	17	4
3 (контроль)	28	85

5.3. Воздействие контролируемых пожарных нарушений на лесные горючие материалы

Наименьший запас лесных горючих материалов (ЛГМ) зафиксирован на опытных участках № 2 и № 1, где интенсивность выжиганий была наибольшей – сильной и средней соответственно. А наибольший запас ЛГМ отмечен на контрольном участке, его запас в два раза превышает запас лесных ЛГМ на опытных участках № 1 и № 2. На опытном участке № 4, где проводились контролируемые выжигания слабой интенсивности, запас ЛГМ на 20 % меньше по сравнению с контрольным участком.

При проведении опытных зажиганий на контрольном участке выгорела площадь почти в 14 раз большая, чем в среднем на опытных участках, при этом видимая часть

пламени поднималась на высоту до 35 см, тогда как на опытных участках – только до 5 см. Кроме этого, на опытных участках огонь распространялся преимущественно по ветру, тогда как на контрольном участке огонь распространялся в равной мере во всех направлениях и независимо от ветра⁵. Эти существенные различия в распространении и интенсивности огня определялись, с одной стороны, наличием или отсутствием лишайникового покрова, а с другой стороны, количеством ЛГМ (и их состоянием) на участках.

Выводы

1. В XX в. при совместном воздействии на сосняки междуречья р. Большая Черная и р. Пугай интенсивных рубок леса и пожаров возник синергетический эффект, в результате произошло кардинальное изменение их структуры и, как следствие, изменение пожарного режима.
2. Пожарный режим малонарушенных сосновых лесов междуречья р. Большая Черная и р. Пугай в XIX в. характеризовался не сильными по суровости пожарами (возникали горельники и локальные гари, а небольшие размеры гарей и (или) достаточное количество единичных семенных сосновых деревьев на горях не препятствовали эффективному естественному возобновлению сосны) и редкими по частоте опустошительными пожарами (на локальных горях формировывался пожароустойчивый сосновый древостой).
3. Изменение пожарного режима в нарушенных сосновых лесах междуречья р. Большая Черная и р. Пугай проявилось в существенном увеличении суровости пожаров (стали возникать гари), частоты опустошительных пожаров (на горях не успевал формировываться пожароустойчивый сосновый древостой) и размеров гарей (естественное возобновление сосны ухудшалось или прекращалось), на которых отсутствовали единичные семенные деревья сосны или их количество было недостаточным для эффективного естественного возобновления сосны.
4. Экосистема полесий на территории междуречья р. Большая Черная и р. Пугай во второй половине XX в. в существенной степени утратила упругость к пожарным нарушениям в результате того, что возрастная структура популяций сосны стала относительно гомогенной и стали преобладать по площади растительные сообщества, находящиеся на ранних стадиях сукцессии, когда экологические свойства местообитаний в основном определяются абиотическими факторами, а ценотическая среда отсутствует или недостаточна развита. В результате этих изменений стала возможной смена рецидивного субклимакса на диаспорический субклимакс в случае возникнове-

⁵ При проведении всех опытных зажиганий отмечался слабый ветер.

ния очередного опустошительного пожара (аналогичного пожару 1972 г.), по крайней мере, на отдельных участках междуречья р. Большая Черная и р. Пугай. Этот вывод применим и к другим сосновым лесам Нижегородского Заволжья, пройденных опустошительными пожарами в 1972 г. и позже.

5. Основной причиной возникновения опустошительного пожара 1972 г., вызвавшего образование обширных гарей в сосновых лесах Нижегородского Заволжья, является деятельность человека (интенсивные рубки леса), а не природные и климатические особенности этой территории.

6. Для сосновых молодняков на экспериментальных участках, расположенных в Нижегородском Заволжье, контролируемое пожарное нарушение, действие которого они испытали три года назад, можно определить как бедствие (образовался горельник), тогда как обычно неконтролируемые пожарные нарушения, происходящие в сосновых молодняках полесий, вызывают их гибель и являются для них катастрофой (образовывается гарь).

7. Контролируемые выжигания в сосновых молодняках на территории полесий Русской равнины могут быть одним из наиболее эффективных профилактических мероприятий, направленных на снижение природной пожарной опасности лесных участков на бывших гарях 1972 г. и на восстановление пожарного режима, характерного для малонарушенных сосновых лесов полесий.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК:

1. **Константинов А. В.**, Фуряев В. В. Пожароустойчивость сосняков Низменного Заволжья // Лесное хозяйство. – 2004. – № 6. – С. 29–31.
2. Фуряев В. В., **Константинов А. В.**, Попов С. Ю., Новикова Л. М. Контролируемые выжигания напочвенных горючих материалов в сосновых молодняках Низменного Заволжья // Лесное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 44–46.
3. **Константинов А. В.** Изменение упругости экосистемы полесий к пожарным нарушениям // Поволжский экологический журнал. – 2010. – № 1. – С. 42–51.

Статьи, тезисы и материалы докладов конференций:

4. **Константинов А. В.** Хроника стихийных явлений в Керженском заповеднике // Вестник ВООП. – 2000. – Вып. 7. – С. 27–32.
5. **Константинов А. В.** Крупнейшие лесные пожары 20 века на территории заповедника «Керженский» // Мониторинг сообществ на гарях и управление пожарами в заповедниках / Отв. ред. Л. В. Кулешова. – М.: ВНИИприроды, 2002. – С. 104–107.

6. Аверина И. А., Урбанавичуте С. П., **Константинов А. В.** Проект плана действий по управлению лесными пожарами на территории заповедника «Керженский» // Мониторинг сообществ на горях и управление пожарами в заповедниках / Отв. ред. Л. В. Кулешова. – М.: ВНИИприроды, 2002. – С. 210–234.
7. Проектирование системы мероприятий по повышению пожароустойчивости лесов. Методические рекомендации / В. В. Фуряев, Г. М. Королев, **А. В. Константинов**, Н. В. Петухов, А. И. Бакка. – Новгород: ФГУП «Поволжский леспроект», 2003. – 48 с.
8. **Константинов А. В.** Пожароустойчивость сосновых лесов полесий Низменного Заволжья: прошлое и настоящее // Международный научно-промышленный форум «Великие реки – 2003». Генеральные доклады, тезисы докладов. – Н.Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2003. – С. 126–127.
9. **Константинов А. В.**, Фуряев В. В. Пожароустойчивость сосняков Низменного Заволжья: прошлое и настоящее // Восстановление торфяных болот в России: значение для регионов. – Н. Новгород. – 2004. – С. 35–41.
10. **Константинов А. В.** Жаровой лес. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. – 70 с.
11. **Константинов А. В.** Динамика нарушенности лесов заповедника «Керженский» // О состоянии и перспективах развития сети ООПТ в республике Алтай: материалы международной научно-практической конференции. – Горно-Алтайск: Петровская академия наук и искусств, 2007. – С. 148–150.