

УДК 631.424.1

ДИНАМИКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ФЛОРЫ ПОСЛЕ ЛЕСНОГО ПОЖАРА В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© 2021 г. А.Я. Григорьевская, Ю.С. Горбунова, Т.А. Девятова

Воронежский государственный университет

Россия, 394036, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1. E-mail: gorbunova.vsu@mail.ru

Поступила в редакцию 10.03.2020. После доработки 31.03.2020. Принята к публикации 01.04.2020.

Исследована 10-летняя динамика каталазной активности чернозема выщелоченного с целью определения интенсивности и направленности окислительно-восстановительных процессов в постпирогенной экосистеме, расположенной в лесостепи европейской части России. Приведены результаты изучения формации *Pinus sylvestris* с координатами фонового 52° 30' 39.2" с.ш., 38° 57' 30.3" в.д. и пирогенного 52° 30' 37.3" с.ш., 38° 57' 28" в.д. участков после лесного пожара 2010 г. Видовой состав растений лесных формаций выявлялся методом закладки пробных площадей размером 400 м², внутри которых описывалось по 10 учётных площадок размером 1×1 м. Ярусы устанавливались по высоте деревьев и травостоя. Названы растительные сообщества были по методу перечисления доминантов, установленных по покрытию. Учет обилия проведен по шкале О. Друде. Выделены 3 фазы восстановления пирогенной формации: 1) фаза рудерального фитоценоза (2010-2012 гг.), 2) фаза преобразования рудерального фитоценоза (2014-2017 гг.), 3) начальная фаза восстановления лесного фитоценоза (2018-2020 гг.). Анализ каталазной активности почвы и структурных экобиоморфологических характеристик флоры дает суждение о временном аспекте восстановления лесной экосистемы в зоне лесостепи после пожара в условиях дефицита влаги. Абсолютные величины коэффициента регрессии каталазной активности в черноземе выщелоченном резко уменьшаются в исследуемом ряду почв от фоновых (0.34) к пирогенным (0.26) и возрастают спустя 10 лет после пожара (0.42). Анализ каталазной активности и структуры флоры отражают 10-летнюю динамику формирования лесной экосистемы с пирогенным нарушением.

Ключевые слова: флора, формация, пирогенный и фоновый участок, каталазная активность, экосистема.

DOI: 10.24411/1993-3916-2021-10161

Исследования проводились в Задонском районе Липецкой области. По данным метеорологов, июль и начало августа 2010 г. были жарче и суше по сравнению с нормой. Отмечалась средняя температура июля – от 19.3 до 20.2°C, среднее годовое количество осадков составило 500-550 мм. На протяжении длительного периода осадков не наблюдалось, а 2 августа 2010 года зафиксирована температура 40.7°C. Произошло снижение уровня грунтовых вод. Высокие температурные режимы способствовали снижению влагообеспеченности напочвенного покрова, что создало неблагоприятные условия для биоты.

Критическое повышение температуры вызвало развитие очагов инфекционных болезней на усыхающих деревьях. Был отмечен рост численности корневой губки и насекомых, что привело к накоплению сухостоя (Иванов и др., 2013). В таких условиях в лесу возник пожар.

В опубликованном отчете NOAA (National Centers for Environmental Information, 2010) за август 2010 года названа главная причина аномальной жары – антициклонический блокинг. Произошло сравнительно необычное распределение ветров, препятствующее нормальному перемещению воздушных потоков с запада на восток. Подобные условия периодически возникают и длятся до 2 недель. Блокинг в 2010 году над западной Россией оказался самым длительным и сильным за весь период наблюдений. Прямая связь между блокингом и глобальным потеплением отсутствует. Можно предположить, что данный блокинг – это часть региональной естественной изменчивости атмосферы.

Это воздействие можно интерпретировать как результат предсказываемого глобального потепления конца XXI века.

За последние 10 лет в России было установлено значительно больше максимальных рекордов, чем минимальных температур. К тому же при аналогичных условиях (блокирующий антициклон, юго-восточный ветер) летом 1936, 1938 и 1972 годов было в среднем на 2-4°C прохладнее, чем в 2010 г.

Из работ по изменению климата (Доклад ..., 2017; IPCC, 2013; Morice et al., 2012.). Наиболее детально и конкретно его потепление рассматривается в статьях Л.М. Акимова с соавторами (2018, 2019) и Е.А. Ваганова с соавторами (2014).

Новизна работы. Впервые анализируется динамика активности каталазы, рассматривается ее корреляционная связь с основными химическими и физико-химическими показателями почв, построены линии регрессии, приведены уравнения регрессии за 10-летний период после лесного пожара. Полученные данные иллюстрируют восстановление микробоценоза почвы и фиторазнообразия пирогенной лесной формации в условиях среднерусской лесостепи. Литературные сведения по данной тематике отсутствуют для Липецкой области, кроме единичных исследований в заповеднике Галичья гора (Скользнева, Недосекина, 2011). Такое положение подтверждено аналитической оценкой экобиоморфологической характеристики флоры и структуры пирогенных формаций.

Цель работы – изучить интенсивность и направленность биохимических процессов и фиторазнообразия пирогенной формации *Pinus sylvestris* на территории Липецкой области в условиях недостаточного увлажнения.

Задачи исследования: 1) отметить экобиоморфологическое состояние флоры за 2012 г. как начальной фазы восстановления после пожара 2010 года; 2) дать анализ восстановления флоры за 10 лет по результатам сравнения с 2019 года; 3) определить каталазную активность почвы и ее корреляционную зависимость с основными физико-химическими и химическими показателями почвы; 4) выполнить вариационно-статистическую обработку полученных результатов с использованием программ Microsoft Excel, и сделать их сравнительный анализ.

Материалы и методы работы

Объект исследования – чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный суглинистый на покровном карбонатном суглинке в 8 км южнее населенного пункта Кашары Задонского района Липецкой области. Фоновые почвы идентичны по строению и свойствам изучаемым почвам, испытавшим влияние лесного пожара.

Изучена динамика каталазной активности почвы, ее корреляционная зависимость с физико-химическими и химическими свойствами чернозема выщелоченного расположенного в Липецкой области. Отбор почвенных образцов проводился ежегодно с 2011 по 2020 гг. на участке леса, пострадавшего от пожара в 2010 году. Было заложено 9 прикопок, послойно до глубины 40-50 см взяты образцы почв. На фоновой почве заложен разрез, вскрывающий почвообразующую породу. В отобранных образцах определили каталазную активность (Девятова и др., 2014). Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с использованием программ Stadia и Microsoft Excel.

Использованы показатели ферментативной активности почв в целях биодиагностики экологического состояния. Каталазную активность определяли газометрическим методом А.Ш. Галстяна (Девятова, Крамарева, 2008). Видовой состав растений лесных формаций выявляли методом закладки пробных площадей размером 400 м², внутри которых описывали по 10 учётных площадок размером 1×1 м. За 2012 и 2019 гг. в двух пирогенных и двух фоновых формациях заложены 4 пробные площади, описаны 40 учётных площадок. Ярусы устанавливались по высоте деревьев и травостоя. Название растительных сообществ приводили по методу перечисления доминантов, установленных по покрытию. Учет обилия проведен по шкале О. Друде (Drude, 1913).

Результаты и обсуждение

Повышенные температуры всегда отрицательно влияют на рост и развитие растений, что может наблюдаться в сдвиге фенологических фаз. Так, подмечено более раннее цветение катальпы бигнониевидной (*Catalpa bignonioides* Welf.) в Воронеже (Федотов и др., 2019). Потепление климата способствует продвижению южных элементов флоры на север, что ведет к ксерофитизации

растительного покрова.

Результаты исследований Л.М. Акимова с соавторами (2018, 2019) показали, что наибольшее повышение температуры происходит в северной части страны по сравнению с минимальным ее ростом в южных широтах.

Изменения экологических условий экотопа ведет как к сукцессии фитоценоза, так и к почвенной сукцессии (Васенёв, Щербаков, 2001).

Результатом любой почвенной сукцессии может быть: а) нарушение экологического равновесия между почвой и условиями окружающей среды; б) изменение сочетания элементарных почвообразовательных процессов и повышение их суммарной интенсивности; в) трансформация старых и развитие новых горизонтов и профилей (Васенёв, Щербаков, 2001).

Выявлена флора за 10-летний период изучения пирогенной формации *Pinus sylvestris*¹ и подмечены особенности восстановления её экоморфологической структуры в условиях Среднерусской лесостепи. Произошло постепенное усложнение видового состава растений пирогенного фитоценоза с восстановлением лесного фитоценоза. Для определения степени восстановления фитобиоты использован метод сравнительного анализа списка 2012 года как показателя высокой деградации со списком 2019 года, отражающего современное состояние фитоценоза (табл. 1).

Таблица 1. Жизненные формы растений в фоновых и пирогенных формациях *Pinus sylvestris* Задонского района Липецкой области.

№ п/п	Жизненные формы	ФФ 2012	ПФ 2012	ФФ2019	ПФ2019
1	Древесные	9	8	5	12
1.1	Деревья	6	6	5	9
1.2	Кустарники	3	2	0	3
2	Травянистые	43	31	42	43
2.1	Однолетние	4	6	5	7
2.4	Двулетние	4	3	3	3
2.5	Многолетние	35	22	34	33
2.5.1	многолетние длиннокорневищные	8	3	8	7
2.5.2	многолетние короткокорневищные	7	7	6	4
2.5.3	многолетние рыхлодерновинные	0	0	0	2
2.5.4	многолетние плотнодерновинные	0	0	1	1
2.5.5	многолетние дерновинные	8	3	0	0
2.5.6	многолетние стержнекорневые	5	4	9	7
2.5.7	многолетние корнеотпрысковые	1	2	6	9
2.5.8	многолетние наземно-ползучие	1	0	0	0
2.5.9	многолетние ползучекокорневищные	1	0	4	3
2.5.10	многолетние кистекокорневые	1	1	0	0
2.5.11	многолетние кистекокорневищные	1	1	0	0
2.5.12	многолетние столоновообразующие	1	1	0	0
2.5.13	многолетние клубнекорневые	1	0	0	0
	Итого	52	39	47	55

Примечания к таблицам 1, 2 и 3: ФФ – фоновая формация, ПФ – пирогенная формация.

Дадим описание трех фаз восстановления пирогенной формации с указанием экоморфологической характеристики растений.

¹ Латинские названия растений приводятся по работе П.Ф. Маевского “Флора средней полосы Европейской части СССР” (2014).

Первая фаза – рудеральный фитоценоз (2010-2012 гг.). Она включает такие сорно-рудеральные растения, как *Echinochloa crus-galli*, *Capsella bursa-pastoris*, *Berteroa incana*, *Sonchus arvensis*, *Impatiens noli-tangere*, *Erigeron canadensis* и другие. В первые годы меняется соотношение между поликарпиками и монокарпиками. Появляются длиннокорневищные злаки: *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigeios*, из разнотравья – *Chamaenerion angustifolium*, по увлажненным западинам – *Urtica dioica* и *Chelidonium majus*. Наметившаяся динамика состояния рудерального сообщества ведет к смене.

Вторая фаза – преобразование рудерального фитоценоза (2014-2017 гг.). Происходит изменение специфики видового состава с дифференциацией по жизненным формам, экологическим типам, характерным для лесного фитоценоза. Уменьшается число и проективное покрытие (ПП) однолетних, двулетних растений. Меняется аспекттивный вид фитоценоза. Такое состояние фитоценоза сигнализирует о переходе к следующей стадии.

Третья фаза – начало формирования лесного фитоценоза (2018-2020 гг.). Характерной особенностью является изменение его структуры. Древесные растения высотой до 5 м составляют 1 ярус с ПП до 25%, 2 ярус образует *Rubus idaeus* с ПП до 10%, 3 ярус состоит из разнотравья с ПП до 10%. Общее проективное покрытие (ОПП) составляет 45%.

В первые годы флора пожарища состояла в основном из рудеральных видов, которые числились в 1 фазе фитоценоза. Менялось соотношение между монокарпиками и поликарпиками. Постепенно шло формирование фитоценоза с участием длиннокорневищных злаков – *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigeios* и разнотравья *Chamaenerion angustifolium*, по увлажненным западинам встречалась *Urtica dioica*.

Дадим экобиоморфологическую характеристику пирогенной формации по результатам 10-летнего периода изучения.

Флора изучаемых формаций распределена между жизненными формами с преобладанием травянистых многолетних растений (табл. 1). Увеличилось число многолетников – 33 вида с ПП 60% в 2019 году, а в 2012 г. – 22 вида с ПП 56.4%. Среди них наибольшую долю составляют корнеотпрысковые – 9 видов с ПП 16%, стержнекорневые и длиннокорневищные – по 7 видов с ПП 13% в 2019 году. Травянистые поликарпики остаются основными в структуре сообщества и способствуют его формированию. Однако ещё присутствуют и сорные растения, такие как однолетник *Erigeron canadensis* – 10%, встречается *Mulgedium tataricum* – 5%, *Chelidonium majus* – 8%, *Rumex acetosella* – 5% и ряд других (Маевский, 2014), что и подтверждает сорный характер флоры лесных пожарищ. Малое количество рыхлодерновинных – 2 вида (4%) в 2019 году, преобладание корнеотпрысковых указывает на увеличение доли лесных видов растений, которые сформировались в умеренно-континентальных климатических условиях (табл. 1).

В пирогенном фитоценозе в 2019 г. отмечено уменьшение видового разнообразия и ПП однолетников – 7 видов (13%). Число многолетников возросло с 22 до 33. Насчитывается 12 древесных видов из родов *Quercus*, *Acer*, *Populus*, *Betula*, *Pinus*, *Tilia*, *Salix*, *Robus*, *Lonicera*, *Prunus*, *Sorbus*.

Наблюдается улучшение светового режима. Сокращалось видовое обилие таких однолетников, как: *Galinsoga parviflora* и *Erigeron canadensis* с ПП 12%. Монокарпические травы – 10 видов или 18%, среди которых двулетних – 3 вида (5%), однолетних – 7 видов (13%).

Анализ экологических типов растений пирогенной формации *Pinus sylvestris* (описание 2019 г.) показывает преобладание мезофитов – 43 вида (78.2%; табл. 2). Это говорит об улучшении экологических условий среды, способствующей восстановлению лесной мезофитной флоры.

Таблица 2. Экологические типы растений фоновой и пирогенной формации *Pinus sylvestris* Задонского района Липецкой области.

Год описания	Общее количество видов	Ксеромезофиты	Мезофиты	Гигромезофиты
2012	52/39	ФФ 13 (25.0%)/ ПФ 9 (23.1%)	ФФ 38 (73.1%)/ ПФ 30 (76.9%)	ФФ 1(1.9%)/ ПФ –
2019	47/55	ФФ 12 (25.5%)/ ПФ 9 (16.4%)	ФФ 34 (72.3%)/ ПФ 43 (78.2%)	ФФ 1 (2.1%)/ ПФ 3 (5.4%)

Ксеромезофиты имеют 9 видов (16.4%), среди которых *Erigeron canadensis*, *Galium verum*, *Libanotis montana*, *Artemisia austriaca*, *Sisymbrium officinale* и другие.

Гигромезофиты – 3 вида: *Salix fragilis*, *Agrostis gigantea*, *Veronica beccabunga*, приуроченные к более влагообеспеченным западинам. Присутствие растений других экотипов в фитоценозе объясняется наличием в почве высокого содержания обменного калия и подвижных соединений фосфора (Горбунова и др., 2014).

Эколого-фитоценотическая структура флоры характеризует приуроченность каждого вида растения к экологической нише. Выделено 7 эколого-ценотических групп, преобладающими из которых являются лесная и лесостепная.

Лесная фитоценогруппа представлена 18 видами (32.7%) в 2019 г. и 16 видами в 2012 г.; в ней преобладает опушечно-лесной фитоценоэлемент из 9 видов (16.4%) в 2019 г., а в 2012 г. – из 4 видов (табл. 3). Характерными лесными видами флоры являются *Quercus robur*, *Rubus idaeus*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Convallaria majalis*, *Fritillaria meleagris*. Анализ флоры пирогенной формации подчёркивает её мезофитный характер, подтвержденный соотношением эколого-фитоценотических групп.

Таблица 3. Эколого-фитоценотическая структура флоры фоновой и пирогенной формаций *Pinus sylvestris* Задонского района Липецкой области.

Фитоценотические группы	ФФ 2012	ПФ 2012	ФФ 2019	ПФ 2019
Лесная	18	16	12	19
лесной	8	8	5	4
опушечно-лесной	4	4	3	10
сорно-опушечно-лесной	3	1	3	5
сорно-лесной	0	1	1	0
лугово-лесной	1	2	0	0
болотно-лесной	1	0	0	0
сорно-опушечно-лугово-лесной	1	0	0	0
Лесостепная	22	16	21	16
лесостепной	1	0	1	0
сорно-лугово-лесостепной	3	2	2	5
сорно-прибрежно-лугово-лесостепной	1	0	1	1
сорно-опушечно-лугово-лесостепной	4	4	4	5
опушечно-лугово-лесостепной	5	5	8	2
лугово-лесостепной	3	2	2	1
опушечно-лесостепной	3	1	3	2
опушечно-лесолугово-лесостепной	1	0	0	0
опушечно-лесостепной	1	1	0	0
прибрежно-лугово-лесостепной	0	1	0	0
Луговая	10	4	10	14
сорно-луговой	1	0	1	2
сорно-опушечно-луговой	3	1	5	7
опушечно-луговой	3	2	2	3
сорно-прибрежно-опушечно-луговой	0	0	1	1
луговой	1	0	0	0
сорно-прибрежно-луговой	1	0	0	0
прибрежно-болотно-луговой	1	1	1	1
Сорная	2	3	4	6
сорный	2	3	3	5
лугово-сорный	0	0	1	1

Структура фитоценоза является индикатором степени восстановления лесной экосистемы с отражением ее состояния.

Флора выступает индикатором антропогенной нарушенности фитоценоза. Так, на 1 фазе рудерального сообщества произошло обеднение видового состава растений, которое сохранялось длительное время.

В течение 10 лет происходило постепенное восстановление сообщества с прохождением таких стадий, как рудеральный фитоценоз (2010-2012 гг.), преобразование рудерального фитоценоза (2014-2017 гг.) и начало формирования лесного фитоценоза (2018-2020 гг.).

Лесостепная фитоценогруппа – 16 видов в 2012 и 2019 гг. сложена из самого большого количества элементов – 6.

Сорная фитоценогруппа представлена 2 фитоценоэлементами: сорным и лугово-сорным. Среди сорных элементов флоры можно отметить осот полевой (*Sonchus arvensis*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), марь белую (*Chenopodium album*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*). Фитоценотическая роль сорных видов мала, они присутствуют как элемент флоры и не выполняют роль преобразователя сообщества.

Такой подход анализа обосновывается тем, что полученные сведения актуальны в динамике с учетом начального состояния формации и с интервалом, фиксирующим ее восстановление. Анализ изменения показателей видовой насыщенности растений, жизненных форм, экологических типов, эколого-фитоценологических групп в сравнительной форме между начальной и последующими фазами дают сведения об экологическом состоянии экосистемы.

Каталаза является внутриклеточным ферментом и также может активно выделяться микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью, может накапливаться и длительное время сохраняться в почве. В черноземе выщелоченном через год после лесного пожара в слое 0-10 см каталазная активность снизилась на 15.9% по сравнению с не тронутой пожаром почвой, что свидетельствует о разрушении и коренном преобразовании микробоценоза почв после лесного пожара. Через два года после пожара каталазная активность увеличилась по сравнению с предыдущим годом на 6.61%. Еще через год после пирогенного воздействия каталазная активность возросла в среднем на 7.58% по сравнению с предыдущим годом. Спустя 10 лет она составляет 4.15 мл O₂ за 1 мин на 1 г почвы, что на 2.12% меньше, чем на участке, не подвергнутому пирогенному воздействию (рис.). Полученные данные свидетельствуют о постепенном восстановлении окислительно-восстановительных процессов в почвах.

Высокая положительная корреляционная связь отмечается между каталазной активностью и содержанием гумуса ($r=0.73$). Средняя положительная корреляционная связь отмечается между каталазной активностью и содержанием Ca²⁺+Mg²⁺ ($r=0.49$). Низкая отрицательная корреляционная связь отмечается между каталазной активностью и pH ($r=-0.15$). Характер распределения каталазы по профилю фоновой почвы – постепенное уменьшение его содержания с глубиной (Девятова и др., 2014).

Абсолютные величины коэффициента регрессии каталазной активности в черноземе выщелоченном резко уменьшаются в исследуемом ряду почв от фоновых (0.42) к пирогенным (0.15) и возрастают спустя 10 лет после пожара (0.23), что говорит о восстановлении ферментативной активности почв. Линии регрессии имеют разные углы наклона. Полученные данные подчеркивают чувствительность верхнего 0-10 см слоя почвы к пирогенному воздействию и устойчивость нижележащих горизонтов. Характер распределения активности каталазы по профилю фонового чернозема выщелоченного – постепенное уменьшение ее содержания с глубиной (рис.).

Выводы

Изучение в течение 10 лет формации *Pinus sylvestris* после пожара 2010 года в условиях Среднерусской лесостепи позволило выявить особенности восстановления пирогенных экосистем. Отмечено 3 фазы развития лесной экосистемы с указанием временного интервала: 1 – фаза рудерального фитоценоза (2010-2012 гг.), 2 – фаза преобразование рудерального фитоценоза (2014-2017 гг.), 3 – начальная фаза восстановления лесного фитоценоза (2018-2020 гг.).

Показана динамика флоры с обозначением роли жизненных форм, экологических типов, фитоценологических групп растений с усложнением структуры фитоценоза за 10 лет.

Такой методический подход анализа восстановления пирогенной формации *Pinus sylvestris* дает

представление о роли совместного действия факторов среды и фитоценоза на динамику его структуры.

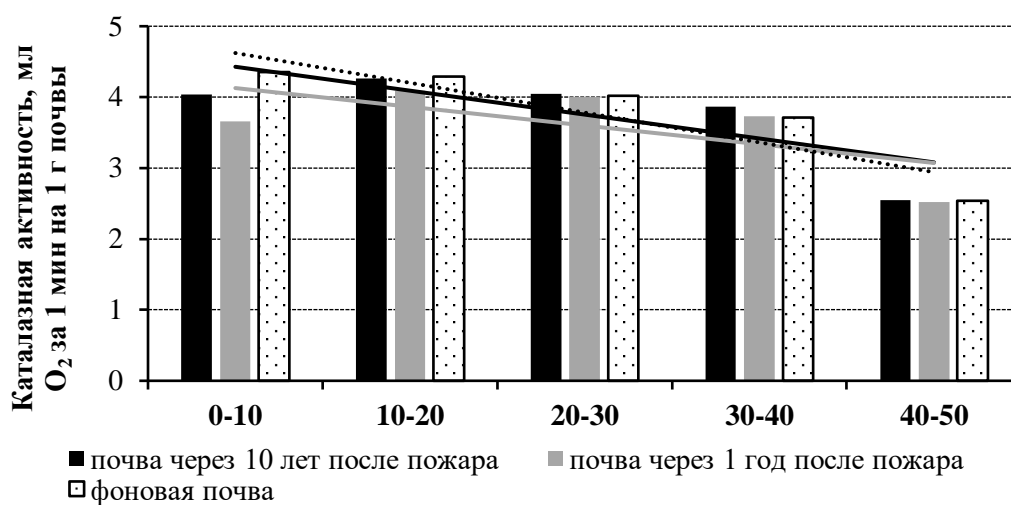


Рис. Динамика каталазной активности чернозема выщелоченного по горизонтам глубины (см) за 10-летний период. Условные обозначения. Линии регрессии с их уравнениями: на фоновом участке – $y=4.77-0.34x$, $R^2=0.60$, $r=0.77$, $\alpha>0.10$ (r незначим); на пироженном участке спустя 1 год – $y=4.39-0.26x$, $R^2=0.44$, $r=0.66$, $\alpha>0.10$ (r незначим); на пироженном участке спустя 10 лет – $y=5.04-0.42x$, $R^2=0.81$, $r=0.90$, $\alpha=0.10$ (r значим).

Мезофитный характер флоры формации *Pinus sylvestris* подтвержден наличием доминирующих фитоценологических групп: лесной – 18 видов, лесостепной – 16 видов, луговой – 13 видов; экологических типов: мезофитов – 43 (78.2%), ксеромезофитов – 9 (16.4%).

После лесного пожара каталазная активность почв снизилась на 15.9%, что свидетельствует о разрушении и коренном преобразовании микробоценоза почв и растительности после лесного пожара. Через два года активность каталазы увеличилась по сравнению с предыдущим годом на 6.61%. В последующие годы мы наблюдали рост и стабилизацию каталазной активности почв на первоначальных значениях, зафиксированных в фоновой почве. Полученные результаты свидетельствуют о восстановлении флоры и микробоценоза почв в течение 10 лет. Абсолютные величины коэффициента регрессии каталазной активности в черноземе выщелоченном резко уменьшаются в исследуемом ряду почв от фоновых (0.34) к пироженным (0.26) и возрастают спустя 10 лет после пожара (0.42).

Полученные данные важны для познания погодичного экологического состояния и выявления устойчивости растений и микробоценоза почв к пироженному воздействию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимов Л.М., Задорожная Т.Н., Закусилов В.П. 2019. Климатическая неоднородность температуры воздуха на территории Восточной Европы в весенний период // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. Воронеж. № 1. С. 29-38.
- Акимов Л.М., Задорожная Т.Н. 2018. Особенности распределения трендов температуры воздуха на Европейской территории России и сопредельных государств // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «География. Геоэкология». Воронеж. № 4. С. 5-14.
- Ваганов Е.А., Золотокрылин А.Н., Пчелкин А.В., Величко А.А., Гаврило М.В., Минин А.А., Парфенова Е.И., Романовская А.А., Чебакова Н.М., Голубев А.В. 2014. // Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Последствия изменения климата. Росгидромет. М. Т. 2. С. 242-255.
- Васенёв И.И., Щербаков А.П. 2001. Почвенные сукцессии как имманентный элемент морфогенетической динамики почв // Вестник Воронежского государственного университета. Серия химия, биология. № 1. С. 13-20.
- Горбунова Ю.С., Девятова Т.А., Григорьевская А.Я. 2014. Влияние пожара на почвенный и растительный покров лесов Центрального Черноземья России // Аридные экосистемы. Т. 20. № 4. С. 76-85.
- Девятова Т.А., Горбунова Ю.С., Григорьевская А.Я. 2014. Современная эволюция почв и флоры лесостепи

- Русской равнины после лесных пожаров. Воронеж: Научная книга. 259 с.
- Девятова Т.А., Крамарева Т.А.* 2008. Биодиагностика почв: учебное пособие. Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета. 140 с.
- Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. 2017. С-Пб. 106 с.
- Иванов В.П., Марченко С.И., Глазун И.Н.* 2013 Изменения в биогеоценозах центральной части Брянской области после летней жары 2010 года // Вестник ПГТУ. Лес. Экология. Природопользование. № 1. С. 25-35.
- Маевский П.Ф.* 2014. Флора средней полосы Европейской части СССР. М.: Тов-во научных изданий КМК. 635 с.
- Скользяева Л.Н., Недосекина Т.В.* 2011. Влияние пожара 2010 года на состояние редких видов растений в урочище Морозова гора // Редкие виды грибов, растений и животных Липецкой области: Информационный сборник материалов. Вып. 4. Воронеж: Научная книга. 204 с.
- Федотов В.И., Успенский К.В., Григорьевская А.Я., Федотов С.В.* 2019. Отклик биоты ландшафтов на углубляющиеся изменения климата // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы Материалы международной научно-практической конференции. Посвящается 85-летию факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ / Ред. С.А. Куролап, Л.М. Акимов, В.А. Дмитриева. С. 13-19.
- Drude O.* 1913. Die Okologie der Pflanzen. Braunschweig. 308 s.
- Morice C.P., Kennedy J.J., Rayner N.A., Jones P.D.* 2012. Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: the HadCRUT4 dataset // Journal of Geophysical Research. No. 117. P. D08101.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom; New York, NY, USA: Cambridge University Press. 1535 p.