

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИТОРАЗНООБРАЗИЯ ФОРМАЦИИ *BETULA PENDULA* НА ДЕРНОВО-ЛЕСНОЙ ГЛЕЕВО-ЭЛЮВИАЛЬНОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОСТПИРОГЕННОЙ ПОЧВЕ

кандидат биологических наук, доцент **Ю.С. Горбунова**

доктор географических наук, профессор **А.Я. Григорьевская**

доктор биологических наук, профессор **Т.А. Девятова**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация

Сообщается о последовательности смен трех стадий за 10 лет при формировании фитоценоза пирогенной формации *Betula pendula*. Смена стадий идет за счет внедрения новых растений разных фитоценофитов, появления консорциев и усложнения его состава и структуры. Учет обилия выполнен по О. Друде. Содержание легкорастворимых фосфатов и обменного калия выполнено по Чирикову. После пирогенного воздействия произошло возрастание содержания  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в 0–10 см слое в силу увеличенного содержания их в золе, образовавшейся после пирогенного воздействия. В 2014 г. содержание  $P_2O_5$  в почве на территории формации *Betula pendula* увеличилось на 9,15 % по сравнению с фоном. В 2018 году содержание  $P_2O_5$  уменьшилось на 11 % по сравнению со вторым годом исследования после лесного пожара 2010 г. и постепенно приближалось к фоновому значению. В 2014 г. содержание  $K_2O$  в 0–10 см слое дерново-элювоземе глеевом глинисто-иллювирированном увеличилось на 6,86 % по сравнению с фоновым участком. За период с 2014 по 2018 год содержание  $K_2O$  уменьшилось на 5,39 % на участке формации *Betula pendula*. Фиторазнообразие по сравнению с 2014 годом (47 видов) уменьшилось в 2015 г. и составило 13 видов, 2016 г. – 18 видов, 2018 г. – 22 вида и в 2019 г. – 23 вида. В работе приведена характеристика антропопотолерантных групп.

**Ключевые слова:** формация *Betula pendula*, флора, дерново-элювозем глеевый глинисто-иллювирированный, подвижные соединения  $P_2O_5$ , обменный  $K_2O$

## RESTORATION OF THE PHYTO-DIVERSITY OF *BETULA PENDULA* FORMATION ON SOD-FOREST GLEY-ELUVIAL SANDY POST-PYROGENIC SOIL

PhD (Biology), Associate Professor **Yu.S. Gorbunova**

DSc (Geography), Professor **A.Ya. Grigoryevskaya**

DSc (Biology), Professor **T.A. Devyatova**

FSBEI HE "Voronezh State University", Voronezh, Russian Federation

A sequence of changes of three stages over 10 years is reported during the formation of the phytocenosis of the pyrogenic formation of *Betula pendula*. The change of stages is due to the introduction of new plants of different phytocenotypes, the appearance of consortia and the complexity of its composition and structure. The account of abundance was performed according to O. Drude. The content of readily soluble phosphates and exchange potassium was performed according to Chirikov. After pyrogenic exposure, there was an increase in the content of  $P_2O_5$  and  $K_2O$  in the 0–10 cm layer, due to their increased content in the ash formed after the pyrogenic exposure. In 2014, the content of  $P_2O_5$  in the soil in the territory of *Betula pendula* formation increased by 9.15 % compared to the background. In 2018, the content of  $P_2O_5$  decreased by 11 % compared with the second year of the study after the 2010 forest fire and gradually approached the background value. In 2014, the  $K_2O$  content in the 0–10 cm layer of sod-eluvial glue clay-illuviated soil increased by 6.86 % compared to the background area. From 2014 to 2018, the  $K_2O$  content decreased by 5.39 % in the area of *Betula pendula* formation. Phyto-diversity decreased in 2015 and amounted to 13 species, compared to

2014 (47 species), 2016 – 18 species, 2018 – 22 species, and in 2019 – 23 species. The work describes anthropotolerant groups.

**Keywords:** *Betula pendula* formation, flora, soddy-eluvial glue clay-illuviated, mobile P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> compounds, exchange K<sub>2</sub>O

### Введение

Лесной пожар имеет деструктивное воздействие на естественные компоненты биогеоценоза (Горбачев и др., 1992), влияя тем самым на формирование фиторазнообразия [5]. Нарушение равновесия в экосистеме, вызванное пожаром 2010 г., привело к проявлению динамических явлений. Согласно исследованиям И.С. Мелехова, пожары влияют на смену структуры лесных фитоценозов, на состав древостоев, на их возрастную структуру, видоизменяют типы леса, преобразуют характер вырубок [11].

Влияние пожаров на фиторазнообразие давно является предметом изучения (Валендик, 1996; Фурьев 1996; Wang G.G., 2005; Ветлужских, 2013; Гонгальский, 2014; Максимова, 2018) [1, 2, 4, 10, 15, 18]. После пожара древесный ярус уничтожен, как и травяной покров с лесной подстилкой, что приводит к повышению освещенности на участках, пройденных огнем (Сапожников, 2001) [13], возрастает скорость проникновения влаги в почву, изменяется температурный режим приземного слоя воздуха и почвенного покрова (Фурьев, 1996). Это вызывает перераспределение поверхностного и внутрипочвенного стока. Лесные пожары способствуют изменению экологических условий на горячах, поэтому мониторинг формации *Betula pendula* на дерново-лесной глеево-элювиальной песчаной почве в лесостепной зоне является актуальной проблемой и имеет практическое значение при решении конкретных вопросов лесовосстановления.

Цель – изучить динамику фиторазнообразия формации *Betula pendula* в период 2011–2019 гг. на пирогенном дерново-элювиезем глеевом глинисто-иллювирированном.

Задачи: 1 – изучить реакцию растений на действие пирогенного фактора по геоботаническим описаниям фитоценоза за период 2011–2019 гг.; 2 – установить и объяснить стадии смен в фитоценозе за период с 2011 г. по 2019 г.; 3 – проанализировать взаимозависимость флоры и почвы в пост-

пирогенный период; 4 – провести вариационно-статистическую обработку и дать сравнительный анализ полученных результатов с использованием программы Microsoft Excel.

### Объекты и методы исследования

Березовые варианты леса средней Европы России отличаются набором ассоциаций от подобных им в других природных зонах. Для них характерны ассоциации: бореальная (*Betuleta borealisherbosa*), лугово-боровая (*Betuleta pratensicolisherbosa*), неморально-бореальная (*Betuleta nemoralo-borealisherbosa*), неморальная (*Betuleta nemoralisherbosa*), нитрофитная (*Betuleta nitrophilisherbosa*). В них отсутствуют ксерофитная и боровая группы, характерные для березняков средней части России, расположенных среди формации *Pinus sylvestris*. Березняки в Усманском бору приурочены к вырубкам, горячам, заброшенным сенокосам [14].

Усманский бор Воронежской области представляет собой лесной массив естественного происхождения, относится к первой региональной группе в систематизации территории по степени угрозы пожарного влияния. Расположен в лесостепной зоне. Исследования проводились на территории березовой формации – с. ш. 51°48'29.4'', в. д. 39°23'58.4''. Среднегодовое количество осадков 500-550 мм. Суммы среднесуточных температур за вегетационный период достигают 2500 °С. Гидротермический коэффициент равен 1.1. Климатические условия территории (жаркое и засушливое лето 2010 г.) создали благоприятную обстановку для возникновения пожара. Присутствие населенных пунктов и близость от авто- и железнодорожной магистрали увеличили возможность возгорания.

По характеру рельефа территория Усманского бора – полого-волнистая равнина. Известняки девона и мела – коренные породы на территории Усманского бора, но они не выходят на поверхность, т. к. перекрыты песчано-глинистой толщей

наносов третичного и четвертичного возраста. Он образовался в древнем голоцене, по геоботаническому районированию относится к Усманскому региону зеленомошных сосновых и осоковых дубовых лесов Боброво-Усманского округа Среднерусской дубово-сосновой провинции [3]. Ему присуще наличие бореальных элементов флоры, которые гармонично смешиваются со степными адептами флоры. Во флоре из древесных пород отмечается сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ива козья (*Salix carpea* L.), береза повислая (*Betula pendula* Roth.). В травянистом ярусе имеются степные, луговые, сорно-рудеральные виды растений.

Почвы представлены дерново-элювоземами глеевыми глинисто-иллювирированными, залегающими на мономиктовых песках. Почвенные образцы отбирались ежегодно в течение девяти лет (2011–2019) в динамике послойно на фоновой и пирогенной территориях. На почвах, не подвергшихся пирогенному воздействию, был заложен полнопрофильный разрез, вскрывающий почвообразующую породу. По общепринятым методикам проведено определение содержания легкорастворимых фосфатов с фотоколориметрическим завершением и обменного калия в некарбонатных почвах с пламеннотометрическим окончанием по Чирикову [16], выполнены геоботанические описания формации *Betula pendula*.

За период исследования 2012–2019 гг. описано две пробных площади размером 20×20 м<sup>2</sup> и 140 учётных площадок. Обилие видов определялось по О. Друде [17]. Проективное покрытие (ПП) древесных пород учитывалось по степени сомкнутости крон, а травянистых растений – по их проекции к заданной площади участка, 1 м<sup>2</sup>. Общее проективное покрытие (ОПП) для растительного сообщества получено путём сложения ПП каждого вида с определением средней величины.

Полученные результаты обрабатывались вариационно-статистическим методом по Ю.Л. Мешалкиной и В.П. Самсоновой (2008), Б.А. Доспехову (2012), с использованием программного обеспечения пакета Microsoft Office Excel [7, 12]. Достоверность результатов обеспечена применением современных методов исследований, большим объемом экспериментального материала, хорошей вос-

производимостью анализов, применением статистической обработки данных с оценкой точности и достоверности полученных результатов.

### Результаты и их обсуждение

Лесные пожары приводят к сокращению фиторазнообразия. Происходит уничтожение надземных и частично подземных частей растений, что обуславливает отмирание как молодых, так и сформировавшихся взрослых особей. Уменьшается семенная продуктивность растений, банк семян в почве и число появившихся из них впоследствии проростков (Ильина, 2011) [9]. С другой стороны, по И.С. Мелехову (1980), огонь уничтожает подстилку, моховой и травяной покровы [11], происходит осветление леса, что способствует внедрению многих сорных видов и увеличению видового разнообразия. После пожара на протяжении многих лет идет восстановление видового состава растений с повторением трех стадий развития сообщества.

Первая фаза развития сообщества называется **пионерной группировкой**. Она имеет временной интервал с 2011 г. до 2014 г. и представляет случайный, разреженный, разобщенный набор растений, различных по жизненным формам и экологическим типам. От пожара уцелели вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.), вероника ключевая (*Veronica anagallis-aquatica* L.), щавель воробьиный (*Rumex acetosella* L.) и др. На этой стадии сообщество не сложилось, но уже влияет на абиотическую среду и начинает защищать почву от водной и ветровой эрозии. Процесс формирования сообщества ведет к усложнению его структуры и состава.

В первые годы на горельнике отмечается мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), имеет ПП от 40 % до 80 %. В 2012 г. в угнетенном состоянии возобновляются виды, присутствовавшие и до пожара: *Pinus sylvestris* L., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Betula pendula* Roth., *Solidago virgaurea* L., *Rumex acetosella* L., *Agrostis syreistschikowii* P. Smirn, *Rhamnus cathartica* L. На учетной площадке размером в 1 м<sup>2</sup> отмечено 11 видов растений.

На горельниках слабо идет семенное возобновление *Pinus sylvestris* L. Кроме того, имело место выпадение из древостоя *Betula pendula* Roth.

как основного лесообразующего вида – ее заселение началось спустя 2 года, и то локально, с обилием sol. Первая стадия восстановления флоры после лесного пожара характеризуется распространением рудеральных растений за счет анемо-, дипло- и полихории; а затем начинается естественная регенерация. Появляются представители опушечно-лугово-степной группы – горчичник горный (*Peucedanum oreoselinum* (L.) Moench) с обилием sp.; полевица Сырейшикова (*Agrostis syreistschikowii* P Smirn) с обилием sp.; лесной группы – купена аптечная (*Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce) с обилием sp.; ландыш майский (*Convallaria majalis* L.) с обилием sp.; опушечно-лесной группы – очиток обыкновенный (*Sedum telephium* L., Sp. Pl.) с обилием sol.

При геоботаническом описании данного участка в 2014 г. установлено усложнение морфологической структуры сообщества, выраженное в формировании ярусной структуры, доминантов, увеличении числа видов растений до 47. Появились растения лесной фитоценотической группы: колокольчик круглолистный (*Campanula rotundifolia* L.) un., прострел аскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.) с обилием sol., вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth) с обилием sp. Формируются кустарники: бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.) с обилием un., карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) с обилием un., осина обыкновенная (*Populus tremula* L.) с обилием sol., липа сердцевидная (*Tilia cordata* Mill.) с обилием sol., клён татарский (*Acer tataricum* L.) с обилием sol., буквица лекарственная (*Betonica officinalis* L.) с обилием sol., душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.) с обилием un., чистотел большой (*Chelidonium majus* L.) с обилием un. Ещё отмечены: иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.) с обилием sp., сивец луговой (*Succisa pratensis* Haller) с обилием un., земляника лесная (*Fragaria vesca* L.) с обилием sp., смолёвка поникшая (*Silene nutans* L.) с обилием un. [10]. Динамика растительного покрова формации *Betula pendula* кроме указанных изменений сопровождалась сменой роли в сообществе адвентивных видов. Так, *Erigeron canadensis* не являлся доминантом.

Вторая фаза развития сообщества называется **преобразование пионерной группировки**. Развитие фитоценоза связано с дифференциацией биоты по ярусам, появлением мозаичности, консорций и занятием экологических ниш. Время преобразования пионерной группировки включает 2015–2018 гг. Изменяется структура и строение сообщества. Можно выделить ярусы. Уменьшение числа видов растений идет за счет несоответствия экологических условий. Происходит отбор, дифференциация растений по фитоценотическому типу. Изменяются химические свойства почвы, которые соответствуют процессу дифференциации растений. Начиная с 2014 г. происходит постепенное снижение содержания зольных элементов P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в верхнем 0–10 см слое дерново-элювозема глеевого глинисто-иллювирированного.

По результатам геоботанических описаний пирогенных фитоценозов формации *Betula pendula* за 2015 г. и 2016 г. отмечена: трехъярусная структура фитоценоза; наличие 13 видов в 2015 г. и 18 видов в 2016 г.; сокращение числа адвентивных растений, увеличение индигенофитов и представителей лесной фитоценотической группы. Первый ярус занимает *Betula pendula* Roth., достигающая высоты 6 м, второй – вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth) с обилием sp. и un., соответственно, для 2015 г. и 2016 г. ОПП составляет 63 %.

Третья фаза развития сообщества – **формирование фитоценоза** – начинается с 2019 г. В формации *Betula pendula* отмечено всего 50 видов сосудистых растений, относящихся к 2 отделам: Pinophyta – 1 (2 %) и Magnoliophyta – 49 (98 %), который делится на 2 класса: Liliopsida – 11 (22 %) и Magnoliopsida – 38 (76 %). 25 семейств и 44 рода. Ведущие 4 семейства флоры пирогенных участков включают 46 % видов растений из общего списка, 43,18 % родов, 13 % индигенофитов, 62 % синантропофитов. На долю остальных маловидных семейств, которых насчитывается 21, приходится 27 видов (54 %). Их видовая насыщенность 1-2 вида. Состав антропопотолерантных групп показывает степень трансформации данной формации. Синантропофиты – 34 вида (68 %), включают представителей

древесных, поликарпиков и монокарпиков, являются неотъемлемой частью экотопов.

Растительный покров анализируемого пирогенного лесного массива Усманского бора сильно трансформирован. Отмечена малая видовая насыщенность семейства – в среднем 2 вида, рода –

1,14 вида, редкое или единичное видовое обилие. Это говорит о высокой степени нарушенности (рис. 1, 2).

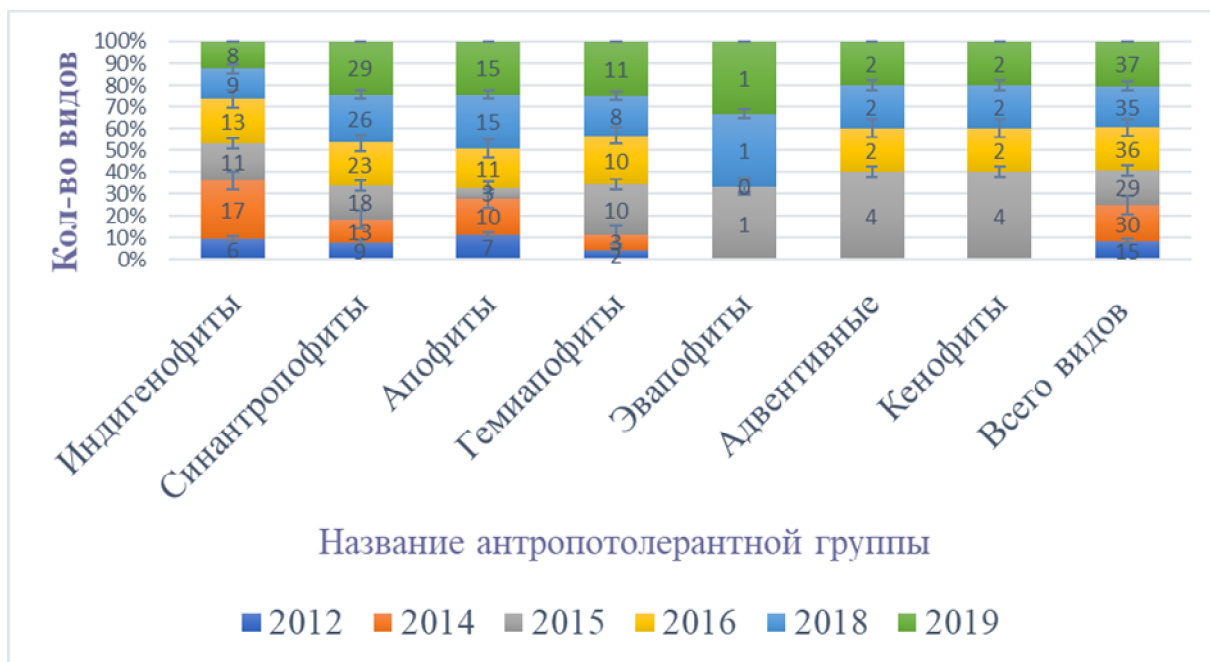


Рис. 1. Динамика антропопотолерантных групп фоновой формации *Betula pendula* Усманского бора в период с 2012 г. по 2019 г. (собственные вычисления авторов)

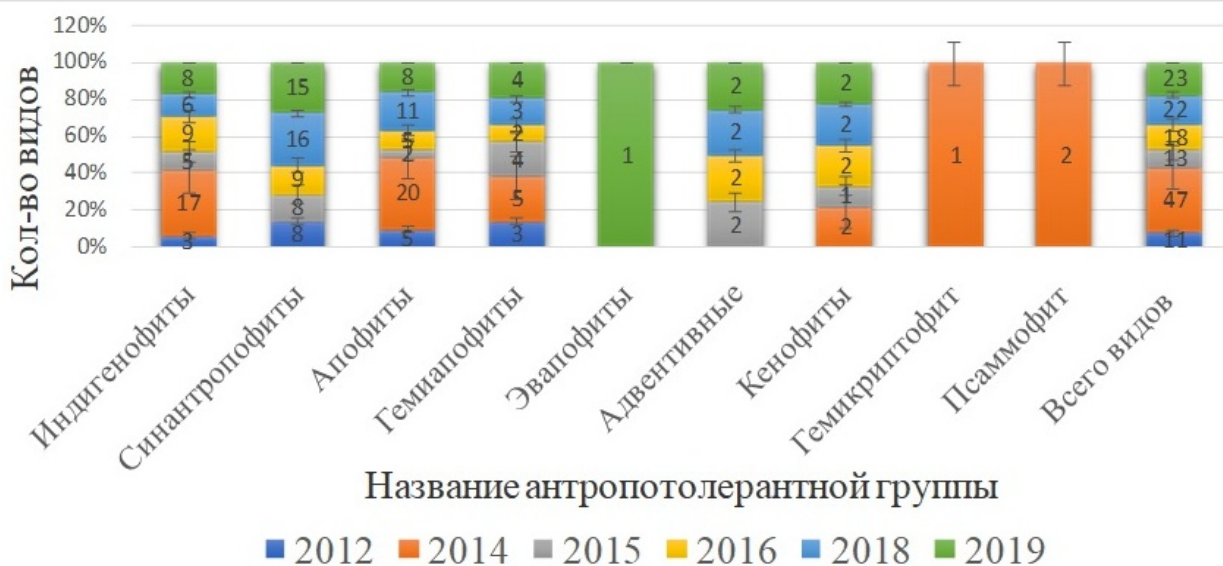


Рис. 2. Динамика антропопотолерантных групп на пирогенной формации *Betula pendula* Усманского бора в период с 2012 г. по 2019 г. (собственные вычисления авторов)

Дальнейшее развитие фитоценоза ведет к усложнению структуры и состава за счет возрастания экологической дифференциации биоты. Все это ведет к формированию постоянного сообщества.

По данным Дымова (2017), в лиственных фитоценозах по сравнению с ельниками отмечено увеличение содержания в почве калия, фосфора, железа, натрия, кальция, магния, марганца. Происходит изменение гидротермического режима. Перечисленные выше процессы способствуют интенсификации процесса образования конкреций в верхнем слое почв после вырубок [8].

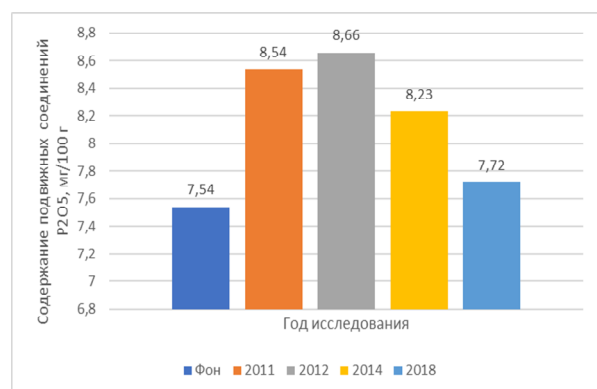


Рис. 3. Содержание подвижных соединений P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, мг/100 г, в фоновых и пироженных дерново-элювоземах в период с 2011 г. по 2018 г. (собственные вычисления авторов)

В 2011 году после пироженного воздействия на дерново-элювозем глеевый глинисто-иллювирированный, расположенный на территории *Betula pendula*, отмечено возрастание содержания K<sub>2</sub>O на 6,11 %. В 2012 г. оно увеличилось на 0,76 %, в 2014 г. сократилось на 1,64 %, в 2018 г. уменьшилось на 5,39 % (рис. 4) [6].

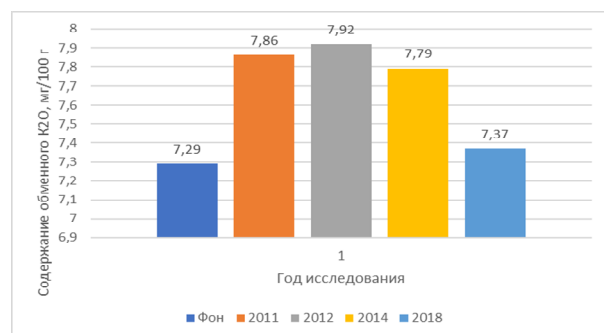


Рис. 4. Содержание обменного K<sub>2</sub>O, мг/100 г, в фоновых и пироженных дерново-элювоземах в период с 2011 г. по 2018 г. (собственные вычисления авторов)

В дерново-элювоземе глеевом глинисто-иллювирированном, расположенном под формацией *Betula pendula*, в 2011 г. зафиксировано возрастание соединений P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 13,3 %, в 2012 г. – на 1,41 %, а в 2014 г. происходит сокращение на 4,97 %, в 2018 г. – уменьшение ещё на 6,20 % (рис. 3) [6].

### Заключение

Лесной пожар 2010 г., затронувший дерново-элювозем глеевый глинисто-иллювирированный, расположенный на участке *Betula pendula*, выступил основным разрушительным фактором экосистемы. Изучение послепожарной трансформации почвенного покрова и флоры важно для понимания трендов восстановления экотопа. Установлено три стадии развития фитоценоза: первая, с 2011 по 2014 г., – **пионерная группировка**, со случайным набором растений и их разобщённостью; вторая, 2015–2018 гг., – **стадия преобразования пионерной группировки**, изменяется структура и строение, утверждается лесная фитоценотическая группа. Третья стадия, начинается с 2019 г., – **формирование сообщества**. Отмечена появлением таких лесных видов, как вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.), в связи с затемнением и, как следствие, изменением гидротермического режима.

С 2011 г. по 2013 г. происходит возрастание содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в 0–10 см слое почвы из-за высокого содержания их в золе, образовавшейся после лесного пожара. В 2012 г. содержание подвижных соединений P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> увеличилось на 14,3 % по сравнению с эталонными почвами. В 2018 году содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> уменьшилось на 6,8% по сравнению с 2012 годом, постепенно приближаясь к значениям, зафиксированным на фоновых участках. В 2011 г. содержание обменных соединений K<sub>2</sub>O увеличилось на 7,82 % по сравнению с эталонными. За период с 2012 по 2018 год содержание K<sub>2</sub>O уменьшилось на 7,6 % под бором по сравнению с 2011 г. Увеличение количества зольных элементов способствовало восстановлению растительного покрова формации *Betula pendula*.

## Библиографический список

1. Валендик, Э. Н. Экологические аспекты лесных пожаров в Сибири / Э. Н. Валендик // Сибирский экологический журнал. – 1996. – III(1). – С. 1–8.
2. Ветлужских, Н. В. Оценка влияния низовых пожаров на структуру и флористический состав мелколиственных подтаежных лесов в пределах Обь-Иртышского междуречья / Н. В. Ветлужских // Journal of Siberian Federal University. Biology 3. – 2013. – 6. – С. 223–233.
3. Григорьевская, А. Я. Phytodiversity of Pyrogenic Formations of the Usman Forest (Voronezh Oblast) / А. Я. Григорьевская, Т. А. Девятова, Ю. С. Горбунова, Н. А. Сорокина // Arid Ecosystems. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 248–256. – DOI: 10.1134/S2079096119040036.
4. Гонгальский, К. Б. Лесные пожары и почвенная фауна / К. Б. Гонгальский ; Товарищество научных изданий КМК. – Москва, 2014. – 169 с. – ISBN: 978-5-9906071-2-5.
5. Почвенно-экологические исследования в лесных биогеоценозах / В. Н. Горбачев, В. К. Дмитриенко, Э. П. Попова [и др.]. – Новосибирск : Наука. Сибирское отд-е, 1982. – 185 с.
6. Девятова, Т. А. Современная эволюция почв и флоры лесостепи Русской равнины после лесных пожаров : моногр. / Т. А. Девятова, Ю. С. Горбунова, А. Я. Григорьевская. – Воронеж : Научная книга, 2014. – 259 с. – ISBN 978-5-4446-0533-2.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва : Книга по Требованию, 2012. – 352 с. – ISBN978-5-458-23540-2.
8. Дымов, А. А. Свойства лесных и постагрогенных почв, развивающихся на песчаных и суглинистых отложениях Республики Коми / А. А. Дымов, Е. Н. Михайлова // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2017. – № 3 (31). – С. 20–29.
9. Ильина, В. Н. Пирогенное воздействие на растительный покров / В. Н. Ильина // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2011. – Т. 20. – № 2. – С. 4–30.
10. Максимова, Е. Ю. Постпирогенное почвообразование в лесостепной зоне (на примере островного бора г. Тольятти) : специальность: 03.02.13 «Почвоведение» : дис. ... канд. биол. наук : защищена 3.10.2018 / Максимова Екатерина Юрьевна ; ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет». – Уфа, 2018. – 331 с.
11. Мелехов, И. С. Лесоводство / И. С. Мелехов. – 2-е изд., доп. и испр. – Москва : Изд-во МГУЛ, 2003. – 320 с. – ISBN 5-8135-0050-2.
12. Мешалкина, Ю. Л. Математическая статистика в почвоведении: Практикум / Ю. Л. Мешалкина, В. П. Самсонова. – Москва : МАКС Пресс, 2008. – 84 с. – ISBN 978-5-317-02231-0.
13. Сапожников, А. П. Послепожарное почвообразование в кедрово-широколиственных лесах / А. П. Сапожников, Л. О. Карпачевский, Л. С. Ильина // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2001. – № 1. – С. 132–165.
14. Солнцев, Н. А. Структура лесного покрова и почв катен в зоне лесостепи (на примере песчаных террас Воронежского заповедника) / Н. А. Солнцев, Н. А. Калущкова, О. В. Трегубов, Е. А. Стародубцева // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Кн. 2. – Москва : Наука, 2004. – С. 185–194.
15. Фуряев, В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования / В. В. Фуряев. – Новосибирск : Наука, 1996. – 253 с.
16. Щеглов, Д. И. Основы химического анализа почв / Д. И. Щеглов, А. И. Громовик, Н. С. Горбунова. – Воронеж : ВГУ, 2019. – 332 с. – ISBN 978-5-9273-2738-6.
17. Drude, O. Die Okologie der Pflanzen / O. Drude. – Braunschweig, 1913.
18. Wang, G. G. Effects of fire severity on early development of understory vegetation / G. G. Wang, K. J. Kendal // Canadian J. Forest Research. 2005. 35. P. 254–262. DOI: 10.1139/x04-177.

## References

1. Valendik E.N. (1996) *Ekologicheskie aspekty lesnyh pozharov v Sibiri* [Ecological aspects of forest fires in Siberia]. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal* [Siberian Ecological Journal]. III (1). P. 1-8 (in Russian).
2. Vetluzhskikh N.V. (2013) *Ocenka vliyaniya nizovyh pozharov na strukturu i floristicheskij sostav melkolistvennyh podtaezhnyh lesov v predelakh Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ya* [Assessment of the impact of ground fires on the structure and floristic composition of small-leaved subtaiga forests within the Ob-Irtys interfluvium]. *Zhurnal Sibirskogo federalnogo universiteta. Biologiya 3*. [Journal of Siberian Federal University. Biology 3]. No. 6. P. 223-233 (in Russian).
3. Grigoryevskaya A.Ya., Devyatova T.A., Gorbunova Yu.S., Sorokina N.A. (2019) Phytodiversity of Pyrogenic Formations of the Usman Forest (Voronezh Oblast). *Arid Ecosystems*. T. 9. No. 4. P. 248-256. DOI: 10.1134 / S2079096119040036.
4. Gongalsky K.B. *Lesnye pozhary i pochvennaya fauna* [Forest fires and soil fauna]. Moscow: Tovariščestvo nauchnyh izdaniy KMK [KMK Scientific Partnership], 2014. 169 p. (in Russian) ISBN: 978-5-9906071-2-5.
5. Gorbachev V.N., Dmitrienko V.K., Popova E.P. [et al.] *Pochvenno-ekologicheskie issledovaniya v lesnyh biogeocenozach* [Soil-ecological research in forest biogeocenoses]. Novosibirsk: Izd-vo «Nauka». Sibirskoe otd-e, [Publishing House "Science". Siberian Dept.], 1982. 185 p. (in Russian).
6. Devyatova T.A., Gorbunova Yu.S., Grigoryevskaya A.Ya. *Sovremennaya evolyuciya pochv i flory lesostepi Russkoj ravniny posle lesnyh pozharov : monografiya* [Modern evolution of soils and flora of the forest-steppe of the Russian Plain after forest fires: monograph]. Voronezh: Nauchnaya kniga, 2014. 259 p. (in Russian). ISBN 978-5-4446-0533-2.
7. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Kniga po Trebovaniyu [Book on Demand], 2012. 352 p. (in Russian). ISBN 978-5-458-23540-2.
8. Dymov A.A., Mikhailova E.N. (2017) *Svoystva lesnykh i postagrogennykh pochv, razvivayushchikhsya na peschanykh i suglinistykh otlozheniyakh Respubliki Komi* [Properties of forest and post-agrogenic soils developing on sandy and loamy deposits of the Komi Republic]. *Izvestiya Komi nauchnogo centra UrO RAN* [Bulletin of the Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. No. 3 (31). P. 20-29 (in Russian).
9. Ilyina V.N. (2011) *Pirogennoe vozdejstvie na rastitel'nyj pokrov* [Pyrogenic effects on vegetation]. *Samarskaya Luka: problemy regional'noj i global'noj ekologii* [Samara Luke: problems of regional and global ecology]. T. 20. No. 2. S. 4-30 (in Russian).
10. Maksimova E.Yu. *Postpirogennoe pochvoobrazovanie v lesostepnoj zone (na primere ostrov-nogo bora g. Tol'yatti): diss. ... kand. biol. nauk* [Post-pyrogenic soil formation in the forest-steppe zone (on the example of the island forest of Tolyatti): PhD thesis]; FSBEI HE "Bashkir State Agrarian University. Ufa, 2018. 331 s. (in Russian).
11. Melekhov I.S. *Lesovodstvo* [Forestry]. 2-e izd., dop. i ispr. [2nd ed., adds. corrected]. Moscow, 2003. 320 p. (in Russian). ISBN 5-8135-0050-2.
12. Meshalkina Yu.L., Samsonova V.P. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii: Praktikum* [Mathematical Statistics in Soil Science: Workshop]. Moscow: MAKS. Press, 2008. 84 p. (in Russian). ISBN 978-5-317-02231-0.
13. Sapozhnikov A.P., Karpachevsky L.O., Ilyina L.S. (2001) *Poslepozharное почвообразование в кедрово-широколиственных лесах* [Post-fire soil formation in cedar-deciduous forests]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa. Lesnoj vestnik* [Bulletin of Moscow State Forest University. Forest Herald]. No. 1. P. 132-165 (in Russian).
14. Solntsev N.A., Kalutskova N.A., Tregubov O.V., Starodubtseva E.A. (2004) *Struktura lesnogo pokrova i pochv katen v zone lesostepi (na primere pescha-nyh terras Voronezhskogo zapovednika)* [The structure of forest cover and soil catenas in the forest-steppe zone (on the example of sand terraces of the Voronezh reserve)]



and soil of catenas in the forest-steppe zone (on the example of sandy terraces of the Voronezh reserve)]. *Vostochnoevropejskie lesa: istoriya v golocene i sovremennost'* [Eastern European forests: history in the Holocene and modernity]. P. 185-194 (in Russian).

15. Furyaev V.V. *Rol' pozharov v processe lesoobrazovaniya* [The role of fires in the forestation process]. Novosibirsk: Nauka. Sib. Otd-nie, 1996. 253 p. (in Russian).

16. Shcheglov D.I., Gromovik A.I., Gorbunova N.S. *Osnovy himicheskogo analiza pochv* [Fundamentals of soil chemical analysis]. Voronezh: VGU, 2019. 332 p. (in Russian). ISBN 978-5-9273-2738-6.

17. Drude O. *Die Okologie der Pflanzen*. Braunschweig, 1913.

18. Wang G.G., Kendal K.J. (2005) Effects of fire severity on early development of understory vegetation. *Canadian J. Forest Research*. 35. P. 254-262. DOI: 10.1139 / x04-177.

### Сведения об авторах

*Горбунова Юлия Сергеевна* – кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж.

*Григорьевская Анна Яковлевна* – доктор географических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж.

*Девятова Татьяна Анатольевна* – доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж.

### Information about authors

*Gorbunova Yulia Sergeevna* – PhD (Biology), Associate Profesor, FSBEI HE "Voronezh State University", Voronezh, Russian Federation.

*Grigoryevskaya Anna Yakovlevna* – DSc (Geography), Professor, FSBEI HE "Voronezh State University", Voronezh, Russian Federation.

*Devyatova Tatyana Anatolyevna* – DSc (Biology), Professor, FSBEI HE "Voronezh State University", Voronezh, Russian Federation.