

УДК 630*43:630*114(045)

*Н.Б. Нуреев, И.И. Митякова***ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ В УСЛОВИЯХ КУЯРСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ**

Показано влияние лесных пожаров на морфологические и физико-химические свойства песчаных почв, сформировавшихся под сосновыми насаждениями южнотаежной подзоны в условиях Республики Марий Эл (РМЭ). В результате исследований 4 почвенных разрезов и анализа около 30 почвенных образцов выявлено влияние низового пожара на различные свойства почв, приведены почвенные параметры с наибольшей и наименьшей вариабельностью. Установлено, что воздействию низового лесного пожара подверглась лишь лесная подстилка, сгоревшая полностью, с образованием специфического горизонта O_{rig}, верхние минеральные горизонты не имеют признаков пирогенности. Установлено, что в первый послепожарный год в верхних почвенных горизонтах незначительно увеличивается кислотность по сравнению с контрольным участком, вместе с этим происходит увеличение содержания суммы обменных оснований и степени насыщенности основаниями, резко уменьшается в лесных подстилках содержание обменного калия. На основе выявленных тесных взаимосвязей построены регрессионные уравнения. Сделан вывод о том, что, несмотря на отсутствие пирогенных признаков в верхних минеральных горизонтах, их свойства также значительно изменяются под воздействием вмываемых сюда продуктов горения вместе с почвенным раствором.

Ключевые слова: лесные пожары, физико-химические свойства почв, статистический анализ, Республика Марий Эл.

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-2-191-202

Лесные экосистемы всегда притягивали внимание исследователей в силу многогранности взаимосвязей между различными лесными компонентами – древостой, подлесок, живой напочвенный покров, почвы, каждый из которых представляет собой интереснейший предмет для изучения. Накоплено достаточно данных, свидетельствующих о тесных корреляционных связях растительности и почв в различных лесорастительных условиях. Если растительность достаточно прогнозируемо реагирует на изменения физических, физико-химических свойств почв, то влияние растительности на почвы, особенно на ее верхние горизонты, может быть весьма неоднозначным [1]. Наиболее стабильными почвенными компонентами являются минеральные слои (горизонты A, E, EL, BT, BHF, C и др.), в которых какие-либо изменения занимают десятки, сотни и тысячи лет, и динамичные почвенные компоненты, такие как лесная подстилка (O), торфяной горизонт (T) и верхняя часть гумусового горизонта (A), изменения в которых могут регистрироваться ежегодно и которые, как правило, в дальнейшем могут оказать влияние на строение, состав и свойства нижележащих почвенных горизонтов и даже на ход почвообразовательного процесса.

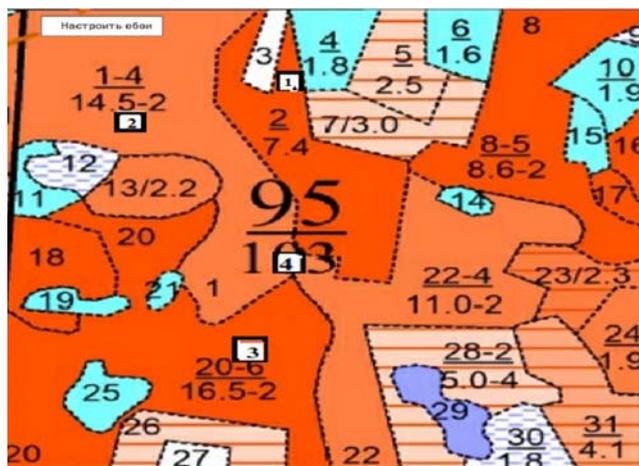
Одним из важных факторов, влияющих на естественные процессы в лесных экосистемах, являются лесные пожары, характер влияния которых на почвы до сих пор малоизучен. Пирогенное воздействие на почвы зависит в первую очередь от интенсивности и продолжительности пожара, также оказывают влияние состав и структура растительности, рельеф, гранулометрический состав почв, гидрология участка и другие факторы, которые в совокупности могут определять последствия пожара. Большой интерес у исследователей вызывает влияние времени, прошедшего после пожара, требуемого на восстановление растительного и почвенного покрова; влияние пожара на микробиологические процессы, на содержание в почве органического вещества, макро- и микроэлементов, их закрепление и миграцию в почвенной толще и доступность для растений; на физические свойства почв [2–4]. Очевидно, что все эти процессы могут сильно различаться в зависимости от разных факторов, поэтому лесные пожары часто рассматриваются как мощный и активно действующий экологический фактор современного почвообразования. По данным М.И. Ушакова, являясь экологическим фактором, лесные пожары имели место на нашей планете задолго до появления человека как экологического вида. По естественным причинам лесные пожары возникают и в настоящее время (молнии, вулканы, метеориты) [5]. По данным многих исследователей, в результате пожаров существенно изменяются физико-химические свойства: многие отмечают подщелачивание почв, уменьшение содержания гумуса, увеличение плотности сложения, уменьшение общей пористости и изменение морфологического строения почв [2; 3; 6]. По влиянию пожаров на гранулометрический состав почв встречаются противоречивые сведения, одни отмечают

его изменение [7; 8], другие считают, что изменение гранулометрического состава не происходит [1]. Так или иначе, лесные пожары оказывают существенное влияние не только на лесные фитоценозы, но и на другие компоненты лесных биогеоценозов, в частности, на почвы [6; 9; 10].

Цель работы – оценка влияния низовых пожаров на морфологические и физико-химические свойства лесных почв легкого гранулометрического состава в первый послепожарный год, оценка характера варьирования значений различных физико-химических параметров.

Материал и методы исследований

Нами были проведены исследования в сосняках лишайниковых, пройденных пожарами в 2021 году на территории 95 квартала Куярского лесничества Республики Марий Эл. В первый послепожарный год (2022 г.) были заложены один полнопрофильный почвенный разрез на контрольном участке, не затронутом пожарами (ПР–1 вид. 2), и 3 разреза на участках, пройденных низовыми пожарами (ПР–2, 3, 4 вид. 1, 20), в т. ч. на одном из участков после сплошной рубки (ПР–4), проведенной в 2022 году, – интенсивность пожаров на всех изучаемых участках была одинаковой. На каждом из разрезов было проведено описание морфологических признаков и взяты почвенные образцы по горизонтам в соответствии с общепринятыми методиками для определения основных химических показателей – ГОСТ 17.4.3.01-2017¹. Химические показатели почв определялись по следующим методикам: рН_{сол} – ГОСТ 26483-85 на Ионмере И-160², гидролитическая кислотность (Н_г) – ГОСТ 26212-2021³, обменный кальций и магний (S) – ГОСТ 26487-85⁴, подвижные соединения фосфора и калия – ГОСТ Р 54650-2011⁵, органическое вещество – ГОСТ 26213-2021⁶, степень насыщенности – расчетным путем. Определены почвообразующие горные породы как один из основных факторов почвообразования, оказывающего влияние на почвообразовательные процессы. Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ Microsoft Excel.



□ – почвенный разрез; ■ – сосновые насаждения; ■ – березовые насаждения; ▨ – заболоченные участки

Рис. 1. План лесонасаждений кв. 95 Куярского лесничества Республики Марий Эл

¹ ГОСТ 17.4.3.01-2017 Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.

² ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО (с Изменением № 1). М.: Издательство стандартов, 1985. 6 с.

³ ГОСТ 26212-2021 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 10 с.

⁴ ГОСТ 26487-85 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО (с Поправкой). М.: Издательство стандартов, 1985. С. 21–34.

⁵ ГОСТ Р 54650-2011 Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М.: Стандартинформ, 2019. 8 с.

⁶ ГОСТ 26213-2021 Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.

Для сопоставимости данных все исследуемые объекты были выбраны с примерно одинаковым составом лесных насаждений – с преобладанием в составе сосны обыкновенной (доля сосны от 8 до 10 единиц), одинаковыми типом лесорастительных условий (A_2), гидрологическим режимом и одинаковой степенью воздействия пожаров. Почвообразующие породы на пробных площадях представлены однородными древнеаллювиальными песками, которые способствовали формированию здесь почв легкого гранулометрического состава. Классификация, диагностика и описание почв проводились по документам «Классификация и диагностика почв России» (КиДПР) (2004) [11] и «Полевой определитель почв» (2008) [12].

Результаты и их обсуждение

Почвенный разрез 1 (ПР-1 контрольный) заложен в кв. 95 выд. 2 Куярского лесничества на участке, который не был затронут пожаром. Рельеф участка равнинный, микрорельеф выражен в виде минерализованных полос. По данным таксационного описания и натурного обследования состав древостоя 10 С, возраст 80 лет, $d_{cp} = 20$ см, $H_{cp} = 21$ м, тип лесорастительных условий (ТЛУ) – A_2 , полнота 0,5 (рис. 2). Подрост редкий, представлен сосной, березой, размещение по площади неравномерное. Подлесок отсутствует. Живой напочвенный покров неравномерный, представлен куртинами из лишайников, ландыша, папоротников, злаковых, степень покрытия 70 %. Тип леса – сосняк лишайниковый.



Рис. 2. Контрольный почвенный разрез 1 (ПР-1) (фото: Нуреев Н.Б., 2022 г.)

Профиль исследуемой почвы состоит из следующих горизонтов (рис. 2):

О 0-4 см – лесная подстилка 2-х слойная, типа модер, сухая, состоящая из хвои, листвы, коры, веток, слабо разложившаяся. Переход в нижележащий минеральный горизонт ясный.

We 4-9 см – протогумусовый горизонт с признаками оподзоливания, серой окраски, бесструктурный, рыхлый, рыхлопесчаный, присутствуют корни, корневины, гумусовые вещества, белесая присыпка SiO_2 , свежий, переход в нижележащий горизонт ясный.

BF 9-40 см – альфегумусовый горизонт охристо-бурый, однородный, бесструктурный, рыхлый, рыхлопесчаный, корни, корневины, свежий, переход заметный.

BCff 40-87 см – переходный горизонт желто-бурого цвета, неоднородной окраски, имеющий признаки как альфегумусового, так и нижележащей толщи, бесструктурный, рыхлый, рыхлопесчаный, наличие корневинов, псевдофибровых прослоек, свежий, переход постепенный.

Cff 87-172 см – почвообразующая порода светло-желтого цвета, бесструктурная, рыхлая, рыхлопесчаного грансостава, наличие псевдофибр, свежая, переход постепенный.

Грунтовые воды не вскрыты, вскипание не обнаружено.

Почва (по КиДПР, 2004) – подбур грубогумусированный оподзоленный псевдофибровый песчаный на древнеаллювиальных песках.

Почвенный разрез 2 заложен в кв. 95 выд. 1 под пологом соснового древостоя, пройденного низовым пожаром в 2021 году (рис. 3). Рельеф дюнно-бугристый, микрорельеф выражен в виде упавших сгоревших стволов. По данным таксационного описания и натурного обследования состав древостоя 10 С, возраст 60–70 лет, $d_{cp} = 24$ см, $H_{cp} = 23$ м, ТЛУ – А₂, полнота 0,6. Стволы деревьев обгорели до высоты 1–2 м. Тип леса – сосняк-брусничник. Подрост и подлесок отсутствуют, уничтожены пожаром. Живой напочвенный покров на следующий послепожарный год (лето 2022 года) характеризуется как очень редкий, состоит из брусники, папоротника, со сгоревшими лишайниками куртинами.



Рис. 3 Почвенный разрез ПР-2 после пожара (фото: Нуреев Н.Б., 2022 г.)

Морфологическое строение профиля почвы (рис. 3):

О_{пр} 0-3 см – лесная подстилка с признаками обугливания, слаборазложившаяся, сухая, состоящая из хвои, коры, переход в нижележащий минеральный горизонт заметный.

We 3-6 см – протогумусовый горизонт с признаками оподзоливания, серый, слабоструктурный, плотноватый, рыхлопесчаный, наличие гумусовых веществ, корни, корневины, свежий, переход заметный.

ABf_e 6-17 см – переходный горизонт неоднородной светло-бурой окраски с заметной белесой присыпкой SiO₂, бесструктурный, плотноватый, рыхлопесчаный, наличие осветленных и буроватых морфонов, корневинов, корней, свежий, переход постепенный.

BF 17-48 см – альфегумусовый горизонт бурой окраски, бесструктурный, плотный, рыхлопесчаный, корни, корневины, свежий, переход постепенный.

BC 48-70 см – переходный горизонт буровато-желтый, бесструктурный, плотный, рыхлопесчаный, корневины, влажноватый, переход постепенный.

Cff 70-157 см – почвообразующая порода желтовато-серая, бесструктурная, плотная, рыхлопесчаная, присутствуют корневины, псевдофибры, влажноватая.

Грунтовые воды не вскрыты, вскипание не обнаружено.

Почва – подбур грубогумусированный оподзоленный пирогенный песчаный псевдофибровый на древнеаллювиальных песках.

Почвенный разрез 3 заложен в кв. 95 выд. 20 на возвышении под пологом соснового древостоя, пройденного низовым пожаром в 2021 году. Рельеф дюнно-бугристый, микрорельеф выражен в виде упавших сгоревших стволов. Состав древостоя 10 С, возраст 90–100 лет, $d_{cp} = 32$ см, $H_{cp} = 25$ м, ТЛУ – А₂, полнота 0,6. Стволы деревьев обгорели до высоты 1–2 м. Тип леса по таксационным данным – сосняк-брусничник. Подрост редкий, неравномерный, представлен сосной и березой, подлесок отсутствует – выгорел полностью. Живой напочвенный покров на следующий послепожарный год (лето 2022 года) характеризуется как очень редкий – степень покрытия 5–10 %, и состоит из брусники, злаковых, ландыша.



Рис. 4. Почвенный разрез ПР-3 на горельнике 2021 года (фото: Нуреев Н.Б., 2022 г.)

Морфологическое строение профиля почвы (рис. 4):

O1 0-1 см – верхний подгоризонт лесной подстилки представлен неразложившимся опадом, опавшим после пожара (незатронутый пожаром), состоит из хвои, веток.

O2_{rig} 1-5 см – пирогенный подгоризонт подстилки состоит из обугленных остатков (зола), общая мощность 4 см, сухая, переход в нижележащий минеральный горизонт резкий.

We 5-9 см – протогумусовый маломощный горизонт с признаками оподзоливания (эффект седоватости), серый, бесструктурный, рыхлый, рыхлопесчаный, наличие гумусовых веществ, корни, свежий, переход резкий.

BF1 9-24 см – альфегумусовый горизонт буровато-ржавой окраски с наличием сплошных железистых пленок, бесструктурный, рыхлый, связнопесчаный, корни, гумусовые включения, влажноватый, переход заметный.

BF2 24-48 см – альфегумусовый горизонт рыжевато-бурой окраски, бесструктурный, рыхлый, рыхлопесчаный, корни, в верхней части гумусово-железистые потеки по корневинам, влажноватый, переход постепенный.

BC 48-90 см – переходный горизонт палево-желтый, бесструктурный, рыхлый, рыхлопесчаный, корни, корневины, свежий, переход постепенный.

Cff 90-180 см – почвообразующая порода неоднородной палево-желтой окраски, бесструктурная, рыхлая, рыхлопесчаная, присутствуют корневины, обильны псевдофибры, влажноватая.

Грунтовые воды не вскрыты, вскипание не обнаружено.

Почва – подбур грубогумусированный оподзоленный пирогенный псевдофибровый песчаный на древнеаллювиальных песках.

Почвенный разрез 4 заложен на вырубленном горельнике на возвышенном элементе рельефа в кв. 95 выд. 1. Рельеф дюнно-бугристый, микрорельеф образован валежником, почвенный покров не нарушен. Присутствует самосев сосны, березы высотой 2–4 см с неравномерным размещением, ТЛУ – А₂. Живой напочвенный покров очень редкий, степень покрытия 5–10 %, присутствует ландыш, осоковые, ветреница, золотарник обыкновенный.

Профиль почвы имеет следующее строение (рис. 5):

O1 0-1 см – верхний подгоризонт лесной подстилки представлен неразложившимся опадом, опавшим после пожара (незатронутый пожаром), состоит из хвои, веток.

O2_{rig} 1-4 см – нижний слой подстилки состоит из обугленных остатков (зола), мощность 3 см, сухая, переход в нижележащий минеральный горизонт резкий.

We 4-8 см – протогумусовый маломощный фрагментарный горизонт темно-серой окраски, признаки оподзоливания выражены слабо, непрочной комковатой структуры, рыхлый, супесчаный, мелкие корни, сухой, переход ясный.



Рис. 5. Почвенный разрез ПР-4 на вырубленном горельнике (фото: Нуреев Н.Б., 2022 г.)

BF 8-25 см – альфегумусовый горизонт охристо-бурой окраски, структура непрочная ореховатая, плотноватый, супесчаный, мелкие корни, потеки гумуса по корневинам, свежий, переход заметный.

BCf 25-49 см – переходный горизонт неоднородной буровато-желтой окраски, бесструктурный, плотноватый, рыхлопесчаный, корни, глинисто-железистые пятна, влажноватый, переход заметный.

C1g 49-137 см – почвообразующая порода палево-желтого цвета, бесструктурная, рыхлая, рыхлопесчаная, наличие корневинов, глинисто-железистые пятна иллювиирования в верхней части горизонта, оглеенная нижняя часть, влажноватая, переход ясный.

C2ff 137-180 см – подгоризонт почвообразующей породы неоднородной рыжевато-бурой окраски, непрочной комковатой структуры, плотноватый, связнопесчаный, псевдофибровые прослойки, влажный.

Грунтовые воды не вскрыты, вскипание не обнаружено.

Почва – подбур грубогумусированный оподзоленный пирогенный глубокоглееватый глубоко псевдофибровый супесчано-песчаный на древнеаллювиальных песках.

Факторами, объединяющими все исследуемые почвенные объекты на гарях, являются наличие пирогенного подгоризонта лесной подстилки – O_{rig} (ПР-2,3,4), слабо развитого гумусового (протогумусового) горизонта мощностью менее 5 см, как правило, без признаков пирогенности, наличие оподзоливания в той или иной степени во всех разрезах; идентичные почвообразующие породы, представленные древнеаллювиальными песками; гидрологические условия; рельеф местности. Все почвы, по крайней мере, последние 60–80 лет формировались под сосновыми насаждениями, т. е. физико-химические условия, создаваемые опадом сосняков на верхние горизонты, были одинаковыми, поэтому полученные результаты сопоставимы – почвы имеют примерно одинаковое морфологическое строение и одинаковую систему диагностических горизонтов и признаков влияния различных факторов – в т. ч. одновременное воздействие пожара одинаковой интенсивности (морфологически затронутая пожарами оказалась только лесная подстилка в ПР-2,3,4). В разрезах ПР-1,3,4 отмечается иллювиирование оксидов железа по профилю, что выражается в наличии псевдофибровых прослоек в нижней части профиля. Данное явление характерно для почв легкого гранулометрического состава с промывным типом водного режима и может оказать в какой-то степени положительное влияние на развитие растительности, являясь как бы аккумулятором питательных элементов и местом скопления влаги, что отчетливо видно на примере ПР-4, где при большем количестве псевдофибр над горизонтом C2ff наблюдаются признаки оглеения, что также может оказать определяющее значение при возобновлении леса после пожара. Оподзоливание почв вызвано как преобладанием кислого хвойного опада, так и совокупным действием промывного типа водного режима, бедной почвообразующей породы и легким гранулометрическим составом почв, не способствующим закреплению гумуса и других окислов.

Исследования морфологии почв в первый послепожарный год показали, что затронута пожарами оказалась лишь лесная подстилка, прогретая полностью и сформировавшая так называемый

пирогенный горизонт *O_{pir}*, состоящий из золы. Сгоревшая лесная подстилка, на момент исследования (2022 г), сверху уже покрыта свежим неразложившимся растительным опадом в пределах 0,5–1,0 см, причем как на невырубленных участках, так и на вырубках, проведенных летом 2022 года, т. е. также на следующий год после пожара. Следов пирогенности (спекания частиц) в верхнем минеральном горизонте (*We*) не обнаружено ни в одном из разрезов, что может свидетельствовать о невысокой интенсивности пожаров. Думается, что глубина уничтожения органогенных горизонтов может оказаться важным фактором как для дальнейшей эволюции верхних почвенных горизонтов, так и для послепожарной сукцессии в целом. Надеемся изучить данное влияние в результате длительного наблюдения за данными объектами.

Изучение химических свойств почв на контрольном участке и на участках после пожара показало следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

**Химические показатели почв горельников Куярского лесничества
Республики Марий Эл в 2021 г.**

Горизонт (по КиДПР 2004г)	pH _{сол}	H _f	S	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	C _{орг} , %	
		мг-экв/100г			мг/кг			
ПР-1 кв. 95 выд. 2 (контроль – без пожара) 10 С, 80 л (подбур грубогумусированный оподзоленный псевдофибровый песчаный на древнеаллювиальных песках)								
<i>O</i> 0-4	4,09	6,48	1,2	15,63	46,7	104,1	84,84*	
<i>We</i> 4-9	3,50	6,13	0,2	3,16	23,6	26,0	1,05	
<i>BF</i> 9-40	4,47	1,75	0,2	10,26	37,8	13,0	0,14	
<i>BCff</i> 40-87	4,55	1,05	0,8	27,58	37,5	6,5	не опр.	
<i>Cff</i> 87-172	4,63	0,88	0,8	47,62	36,4	6,5	не опр.	
ПР-2 кв. 95 выд. 1 – горельник, 10 С, 60–70л (подбур грубогумусированный оподзоленный пирогенный песчаный на древнеаллювиальных песках)								
<i>O_{pir}</i> 0-3	4,05	4,90	3,0	37,97	57,1	48,8	64,67*	
<i>We</i> 3-6	3,36	5,60	0,2	3,45	19,8	32,5	0,86	
<i>AB_{f,e}</i> 6-17	4,24	2,80	0,2	6,66	13,2	9,8	0,32	
<i>BF</i> 17-48	4,55	1,40	0,2	12,5	43,2	9,8	0,04	
<i>BC</i> 48-70	4,54	1,40	0,2	12,5	50,3	9,8	не опр.	
<i>C</i> 70-157	4,50	1,05	0,4	27,59	32,9	9,8	не опр.	
ПР-3 кв. 95 выд. 20 – горельник, 10 С, 80 л (подбур грубогумусированный оподзоленный пирогенный псевдофибровый песчаный на древнеаллювиальных песках)								
<i>O1</i> 0-1	4,06	4,38	1,6	26,76	41,0	100,8	87,47*	
<i>O2 pir</i> 1-5	3,43	6,13	1,8	22,70	40,5	61,8	51,65*	
<i>We</i> 5-9	3,34	4,03	0,6	12,96	19,0	32,5	0,40	
<i>BF1</i> 9-24	4,21	2,28	0,2	8,06	20,4	13,0	0,10	
<i>BF2</i> 24-48	4,41	1,40	0,2	12,50	35,6	13,0	0,07	
<i>BC</i> 48-90	4,55	2,10	0,2	8,70	26,9	9,8	не опр.	
<i>Cff</i> 90-180	4,52	1,05	0,6	36,36	21,2	13,0	не опр.	
ПР-4 кв. 95 выд. 1 – горельник вырублен (подбур грубогумусированный оподзоленный пирогенный глубокоглееватый глубокопсевдофибровый супесчано-песчаный на древнеаллювиальных песках)								
<i>O1</i> 0-1	4,20	4,03	0,4	9,03	115,5	331,7	88,07*	
<i>O2 pir</i> 1-4	3,59	5,95	2,2	26,99	35,6	52,0	48,07*	
<i>We</i> 4-8	3,48	7,00	3,8	35,19	130,4	130,1	2,01	
<i>BF</i> 8-25	4,51	1,58	0,2	11,24	41,8	6,5	0,11	
<i>BCf</i> 25-49	4,51	1,58	0,2	11,24	28,3	6,5	не опр.	
<i>C1g</i> 49-137	4,57	1,05	0,4	27,59	21,2	13,0	не опр.	
<i>C2ff</i> 137-180	4,48	1,23	0,4	24,54	19,3	13,0	не опр.	

Примечание: * – потеря при прокаливании.

В данном контексте исследований логично проанализировать пирогенные лесные подстилки отдельно от нижних минеральных горизонтов, т. к. по визуальным данным пожар затронул только

лесную подстилку. Влияние пирогенной подстилки на верхние минеральные горизонты однозначно будет значимым, но растянут по времени. Статистический анализ исходных данных показал (табл. 2), что значения основных параметров лесных подстилок варьируют меньше, чем таковые в минеральных горизонтах.

Таблица 2

Показатели изменчивости параметров пирогенных подстилок и минеральных горизонтов песчаных почв на горельниках

Параметр почвы	Значения статистических показателей					
	M_x	min	max	S_x	m_x	V
Пирогенные подстилки (Opir)						
pH солевое	3,69	3,43	4,05	0,32	0,186	8,7
Гидролитическая кислотность	5,66	4,9	6,13	0,66	0,38	11,7
Сумма обменных оснований	2,33	1,8	3,0	0,61	0,35	26,2
P_2O_5	44,4	35,6	57,1	11,27	6,51	25,4
K_2O	54,2	48,8	61,8	6,77	3,91	12,5
$C_{орг}$	54,8	48,07	64,67	8,74	5,04	15,9
Минеральные горизонты						
pH солевое	4,25	3,34	4,57	0,46	0,12	10,8
Гидролитическая кислотность	2,37	1,05	7,0	1,80	0,47	75,9
Сумма обменных оснований	0,53	0,20	3,80	0,92	0,24	173,6
P_2O_5	34,90	13,20	130,40	28,50	7,36	81,7
K_2O	21,50	6,50	130,10	31,09	8,03	144,6
$C_{орг}$	0,49	0,04	2,01	0,67	0,24	136,7

Примечание: M_x – среднее значение параметра; min, max – минимальное и максимальное значения; S_x – среднее квадратическое (стандартное) отклонение параметра; m_x – ошибка среднего; V – коэффициент вариации, %.

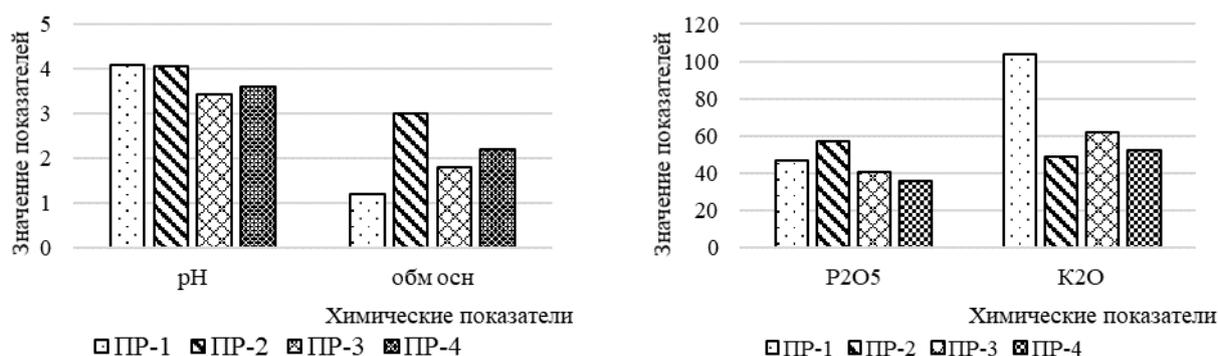


Рис. 6. Сравнение свойств пирогенных (PP-2,3,4) и непирогенных (PP-1) лесных подстилок

В пирогенных подстилках в первый послепожарный год наибольшая вариация среди химических показателей наблюдается в содержании подвижных форм фосфора – 25,4 % и суммы обменных оснований – 26,2 %, более стабильны показатели $pH_{сол}$ – 8,7 % и гидролитической кислотности – 11,7 % (табл. 2). Таким образом, пожары невысокой интенсивности, затрагивающие только лесные подстилки, более всего оказывают влияние на распределение в органогенных горизонтах подвижных соединений фосфора (уменьшение значений) и обменных оснований (увеличение значений). В минеральных горизонтах почв, подвергшихся пожарам, наибольшая вариация наблюдается в значениях суммы обменных оснований, а наименьшая – в значениях обменной кислотности (табл. 2). При этом тенденция изменения коэффициента вариации практически не зависит от мощности анализируемой минеральной толщи. Анализируя данные табл. 1 и рис. 6, просматривается тенденция подкисления лесных подстилок в первый послепожарный год. На данную закономерность может оказывать влияние состав подстилок. Об-

менная кислотность ($pH_{\text{кол}}$) сгоревших лесных подстилок (ПР-2,3,4) по сравнению с участками, не пройденными пожаром (ПР-1), а также в сравнении со свежим опадом после пожара (О1) (ПР-3, 4) в первый год повышается на 0,04–0,6 единиц и соответствуют сильнокислой реакции.

Также по данным рис. 6 видно, что в пирогенных подстилках происходит увеличение суммы обменных оснований, тренд на уменьшение подвижных форм фосфора и значительное уменьшение обменного калия.

Таблица 3

Корреляционная матрица химических свойств почв на горельниках

Почвенные параметры	Почвенные параметры						
	pH	H _г	S	V	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус
pH	1						
H _г	-0,8813	1					
S	-0,4744	0,6306	1				
V	0,1345	-0,0697	0,6036	1			
P ₂ O ₅	0,2193	-0,0402	0,1908	0,2209	1		
K ₂ O	-0,2803	0,4761	0,3121	-0,0265	-0,2456	1	
Гумус	-0,6005	0,5456	0,4009	-0,0634	-0,4424	0,1545	1

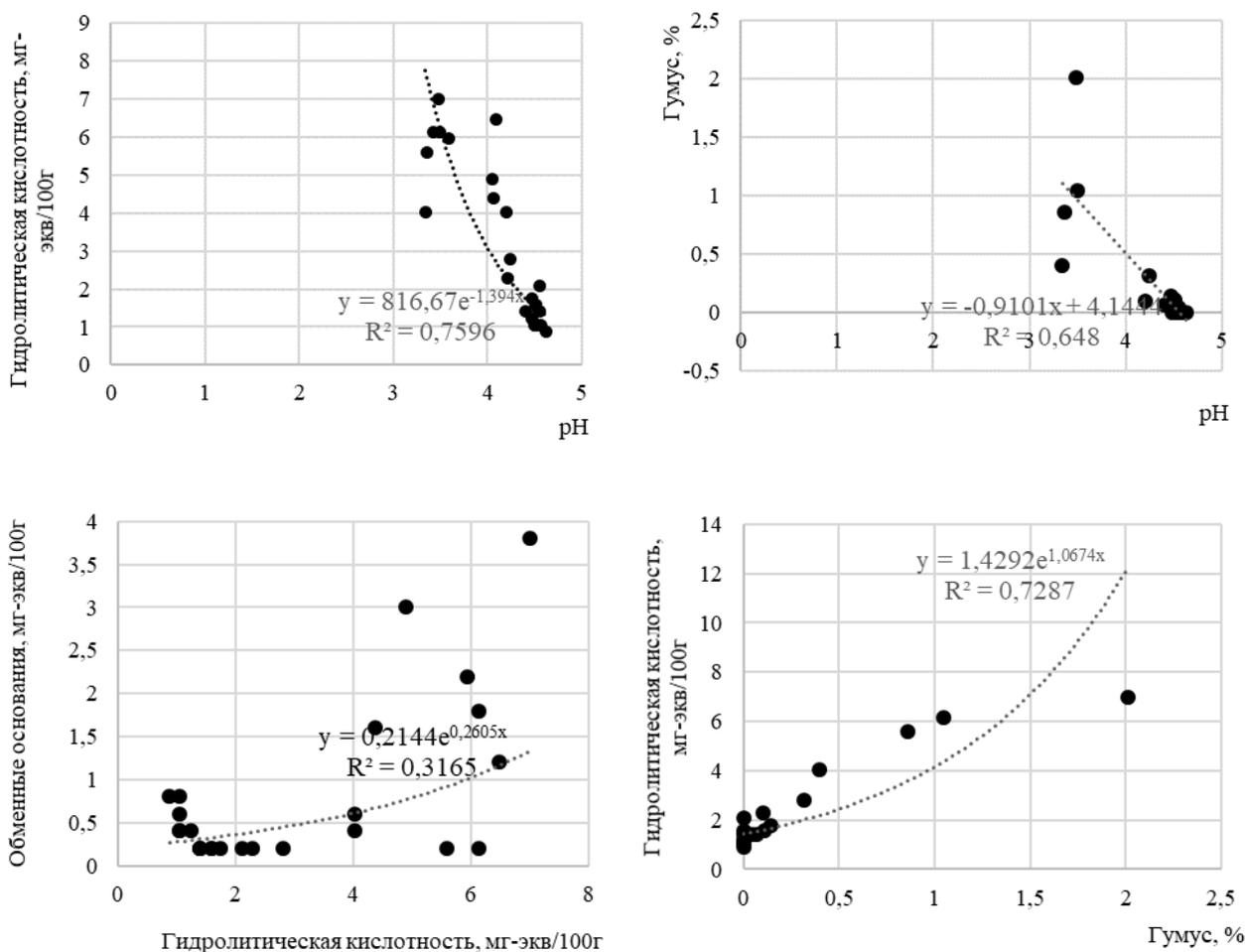


Рис. 7. Характер взаимосвязи различных параметров почв на горяч

Анализируя самый верхний минеральный горизонт (гумусовый), можно говорить, что его кислотность заметно выше, по сравнению с нижележащими горизонтами и даже по сравнению с под-

стилкой (табл. 1), причем на пирогенных участках минеральный горизонт подкисляется сильнее, чем на участке без пожара, что говорит о подкисляющем влиянии пирогенных сосновых подстилок в первый послепожарный год. Обращает на себя внимание гумусовый горизонт ПР-4 (участок с вырубленным древостоем), который значительно отличается от других почв. Так, в нем морфологически менее выражено оподзоливание, что подтверждается аналитическими данными – здесь отчетливо выше содержание гумуса, заметно больше подвижных форм фосфора и калия, суммы обменных оснований и выше степень насыщенности основаниями (табл. 1). По-видимому, это объясняется наличием выраженного оглеения, вызывающего некоторое уплотнение, в т. ч. вышележащих горизонтов, что может вызывать замедление процессов вымывания и миграции различных соединений. По содержанию суммы обменных оснований все почвы относятся к ненасыщенным, с очень низким содержанием, что в целом соответствует оподзоленным рыхлопесчаным почвам.

Для оценки взаимовлияния и зависимости почвенных параметров в минеральных горизонтах в постпирогенных условиях также был проведен корреляционный анализ на основе 25 отобранных образцов (табл. 3). Жирным шрифтом в табл. 3 выделены значения коэффициентов корреляции, достоверные при уровне значимости $P=0,95$, которые описываются соответствующими уравнениями регрессии (рис. 7).

Проведенные исследования по влиянию лесных пожаров на почвы наглядно продемонстрировали изменения в морфологических признаках и различных химических показателях как лесных подстилок, так и минеральных горизонтах почв песчаного гранулометрического состава, позволили оценить характер варьирования значений и взаимосвязи различных параметров почв в первый послепожарный год. Влияние лесных пожаров многогранно, сложно и имеет длительный характер влияния как на почвообразовательные процессы, так и на развитие растений, поэтому наши исследования предполагают дальнейшее наблюдение и анализ за ходом восстановления пирогенных лесных экосистем.

Выводы

1. Лесная подстилка, образованная под сосновыми насаждениями на песчаных почвах в условиях ТЛУ – A_2 , при пожарах даже невысокой интенсивности выгорает полностью, с образованием специфического пирогенного горизонта *Orig*.

2. Исследованиями наглядно отражено, что в пирогенных подстилках (ПР-2,3,4) по сравнению с подстилками, не затронутыми пожаром (ПР-1), в первый послепожарный год наблюдается устойчивый тренд на подкисление, увеличение суммы обменных оснований, резкое уменьшение подвижных соединений калия.

3. Самый верхний минеральный горизонт, граничащий с пирогенной подстилкой, не имеет внешних признаков пирогенности, но его кислотность заметно выше, по сравнению с нижележащими горизонтами и даже по сравнению с подстилкой, причем на пирогенных участках верхний минеральный горизонт подкисляется сильнее, чем на участке без пожара, что говорит о подкисляющем влиянии пирогенных сосновых подстилок в первый послепожарный год.

4. Наибольшей вариабельностью в пирогенных подстилках обладают показатели подвижных форм фосфора и суммы обменных оснований, более стабильны показатели обменной и гидролитической кислотности.

5. Среди минеральных горизонтов наименьшую вариабельность имеет показатель обменной кислотности, а наибольшую – сумма обменных оснований.

В целях всестороннего и детального изучения постпирогенных экосистем необходим продолжительный период наблюдений и научных исследований, т. к. в последующие годы закономерности могут быть иными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапожников А.П., Карпачевский Л.О., Ильина Л.С. Послепожарное почвообразование в кедрово-широколиственных лесах // Лесной вестник. 2001. №1. С. 132–165.
2. Сапожников А.П. Роль огня в формировании лесных почв // Экология. 1976. № 1. С. 33–36.
3. Бурлакова Л.М., Морковкин Г.Г., Ананьева Ю.С., Завалишин С.И., Каменский В.А. Влияние лесных пожаров на свойства подзолистых почв // Лесной вестник. 2002. №2. С. 66–70.
4. Голощапова Ю.Ю., Калинин Н.А. Влияние пожара на органическое вещество темно-серых лесных почв / Ю.Ю. Голощапова // Омский научный вестник. 2012. №1. С. 217–220.

5. Ушаков М.И. Лесной пожар и его влияние на лес / М.И. Ушаков, И.О. Николаева, А.В. Фролова, А.М. Морозов // Молодой ученый. 2016. №1. С. 282–286.
6. Цибарт А.С., Геннадиев А.Н. Влияние пожаров на свойства лесных почв Приамурья (Норский заповедник) // Почвоведение. 2008. № 7. С. 783–792.
7. Рыскалиева Б.Ж., Хабиров И.К., Габбасова И.М. Влияние пожаров на свойства почвы // Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием, посвященной 75-летию проф. А.Х. Куликовой. Ульяновск: УлГАУ, 2017. С. 318–324.
8. Дымов А.А., Дубровский Ю.А., Габов Д.Н. Пирогенные изменения подзолов иллювиально-железистых (средняя тайга, Республика Коми) // Почвоведение. 2014. №2. С. 144–154.
9. Максимова Е.Ю., Абакумов Е.В. Воздействие лесных пожаров на почвенный покров на примере постпирогенных территорий Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (7). С. 2088–2091.
10. Трофимов И.Т., Бахарева И.Ю. Особенности послепирогенной трансформации дерново-подзолистых почв Юго-Западной части ленточных боров Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2007. № 11. С. 31–37.
11. Классификация и диагностика почв России / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Рос. акад. с.-х наук, Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Докучаев. о-во почвоведов; [Л.Л. Шишов и др.]. Смоленск, Ойкумена, 2004. 342 с.
12. Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

Поступила в редакцию 21.02.2023

Нуреев Наиль Билалович, кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования
E-mail: NureevNB@volgatech.net

Митякова Ирина Ивановна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии, почвоведения и природопользования
E-mail: MityakovaI.I.@volgatech.net

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»
424000, Россия, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3.

N.B. Nureev, I.I. Mityakova

THE IMPACT OF FOREST FIRES ON THE SOIL COVER IN THE CONDITIONS OF THE KUYAR FORESTRY OF THE REPUBLIC OF MARI EL

DOI: 10.35634/2412-9518-2023-33-2-191-202

The influence of forest fires on the physico-chemical properties of sandy soils formed under pine plantations of the southern Taiga subzone in the conditions of the Republic of Mari El is shown. As a result of investigations of 4 soil sections, including 1 control and analysis of about 30 soil samples, soil parameters with the greatest and least variability were revealed. It was found that only the forest floor, which burned completely, with the formation of a specific Opir horizon, was exposed to a low forest fire, the upper mineral horizons have no signs of pyrogenicity. It was found that in the first post-fire year, the acidity in the upper soil horizons slightly increases compared to the control site, along with this, there is an increase in the amount of exchange bases and the degree of saturation with bases, the content of exchangeable potassium and loss indicators during calcination sharply decreases in forest litter. Regression equations are constructed on the basis of the revealed close relationships. It is concluded that, despite the absence of pyrogenic signs in the upper mineral horizons, their properties also change significantly under the influence of the combustion products embedded here together with the soil solution. To detail the data on the functioning of post-pyrogenic ecosystems, a long period of observations and scientific research is necessary.

Keywords: forest fires, physico-chemical properties of soils, statistical assessment, Republic of Mari El.

REFERENCES

1. Sapozhnikov A.P., Karpachevskiy L.O., Il'ina L.S. *Poslepozharное pochvoobrazovanie v kedrovo-shirokolistvennykh lesakh* [Post-fire soil formation in cedar-deciduous forests], in *Lesnoy vestnik*, 2001, no. 1, pp. 132-165 (in Russ.).

2. Sapozhnikov A.P. *Rol' ognya v formirovaniy lesnykh pochv* [The role of fire in the formation of forest soils], in *Ekologiya*, 1976, no. 1, pp. 33-36 (in Russ.).
3. Burlakova L.M., Morkovkin G.G., Anan'eva Yu.S., Zavalishin S.I., Kamenskiy V.A. *Vliyanie lesnykh pozharov na svoystva podzolistykh pochv* [The influence of forest fires on the properties of podzolic soils], *Lesnoy vestnik*, 2002, no.2, pp. 66-70 (in Russ.).
4. Goloshchapova Yu.Yu., Kalinenko N.A. *Vliyanie pozhara na organicheskoe veshchestvo temno-serykh lesnykh pochv* [The effect of fire on the organic matter of dark gray forest soils], in *Omskiy nauchnyy vestnik*, 2012, no. 1, pp. 217-220 (in Russ.).
5. Ushakov M.I., Nikolaeva I.O., Frolova A.V., Morozov A.M. *Lesnoy pozhar i ego vliyanie na les* [Forest fire and its impact on the forest], in *Molodoy uchenyy*, 2016, no. 1, pp. 282-286 (in Russ.).
6. Tsibart A.S., Gennadiyev A.N. [The influence of fires on the properties of forest soils in the Amur river basin (the Norskiy reserve)], in *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, 2008, vol. 41, no. 7, pp. 686-693 (in Russ.).
7. Ryskalieva B.Zh., Khabirov I.K., Gabbasova I.M. [Influence of the fires on properties of the soil], in *Sborn. tr. Vseross. nauch.-prakt. konf. s Mezhd. uch. "Fundamental'nye i prikladnye osnovy sokhraneniya plodorodiya pochvy i polucheniya ekologicheski bezopasnoy produktsii rastenievodstva"*, Ulyanovsk: UIGAU, 2017. pp. 318-324 (in Russ.).
8. Dymov A.A., Dubrovskiy Y.A., Gabov D.N. [Pyrogenic changes in iron-illuvial podzols in the middle taiga of the Komi Republic], in *Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]*, 2014, vol. 47, no.2, pp. 47-56 (in Russ.).
9. Maksimova E.Yu., Abakumov E.V. [Influence of wildfires on soils by the example of postpyrogenic territories of the Samara region], in *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, vol. 15, no. 3 (7), pp. 2088-2091 (in Russ.).
10. Trofimov I.T., Bakhareva I.Y. [Peculiarities of post-pyrogenic transformation of sod-podzolic soils of south-west part of banded forests of the Altai region], in *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Altai State Agricultural University]*, 2007, no. 11, pp. 31-37 (in Russ.).
11. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils of Russia] / Pochv. Inst. im. V.V. Dokuchaeva Ros. akad. s.-kh nauk, Mosk. Gos. Univ. im. M. V. Lomonosova, Dokuchaev. ob-vo pochvovedov [V.V. Dokuchaev Soil Institute of Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Dokuchaevskoe Society of Soil Scientists; [L.L. Shishov et al.], Smolensk: Oikomena Publ., 2004, 342 p.
12. *Polevoy opredelitel' pochv* [Field soil determinant], Moscow: Soil Institute named after V.V. Dokuchaev, 2008. 182 p.

Received 21.22.2023

Nureev N.B., Candidate of Biology, Associate Professor
of the Department of Ecology and Soil Science and Nature Management
E-mail: NureevNB@volgatech.net

Mityakova I.I., Candidate of Biology, Associate Professor
of the Department of Ecology, Soil Science and Nature Management
E-mail: Mityakova I.I.@volgatech.net

Volga State Technological University
Lenin square, 3, Yoshkar-Ola, Russia, 424000