

УДК 631.465

DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-87-93

## БИОХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОСТПИРОГЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕНТОЧНЫХ И ПРИОБСКИХ БОРОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

С.И. Завалишин, В.С. Карелина, А.В. Орлов, В.Ю. Патрушев

ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет, 656049, Барнаул, Красноармейский пр-т, д. 98

serg11zav@mail.ru

Проведены исследования биохимического потенциала постпирогенных дерново-подзолистых почв в пределах Касмалинской и Барнаульской лент ленточного бора, а также в приобском Правобережном бору. В ходе работ были заложены почвенные разрезы, вскрывающие иллювиальную толщу почвенного профиля, в пределах участков гари верховых лесных пожаров высокой интенсивности (пожары 1997, 2006 и 2010 гг.), среди насаждений сосны обыкновенной. Зафиксировано изменение морфологического строения почвенного профиля, физико-химических свойств и биохимического потенциала почв. В результате воздействия высокой температуры на песчаные дерново-подзолистые почвы, распространенные в условиях засушливой степи Алтайского края (юго-западные части касмалинской и барнаульской лент ленточного бора) отмечается потеря структурности, изменение плотности, уничтожение дернового и гумусово-аккумулятивного горизонтов. Установлено, что при сочетании легкого гранулометрического состава, выраженного микро- и нанорельефа, активизации дефляции в почвах локальных водоразделов формируются вторые гумусовые горизонты в виде тонких сплошных полос и темно-серых пятен, погруженные под песчаными наносами. Отмечено, что актуальная кислотность и особенности строения гумусового профиля в приобских дерново-подзолистых почвах гари 2006 г соответствуют фоновым показателям естественных почв, не испытавших воздействие лесных пожаров. Выявлена нейтральная реакция водной вытяжки почвенного раствора гумусово-аккумулятивного горизонта гари 1997 г Касмалинской ленты ленточного бора, что указывает на подщелачивание почв продуктами горения лесной подстилки и древесины. Низкая обеспеченность осадками в зоне сухой степи не позволяет восстановить актуальную кислотность до фоновых значений кислой реакции среды. Общий биохимический потенциал данных почв снижен. Установлено, что скорость восстановления комплекса естественных свойств постпирогенных дерново-подзолистых почв приобского Правобережного бора выше, по сравнению с постпирогенными почвами ленточных боров Алтайского края. Прогноз на перспективу не составляли.

**Ключевые слова:** пирогенез, лесной пожар, дерново-подзолистые почвы, вторые гумусовые горизонты, биохимия почв, фенолоксидазная активность

**Ссылка для цитирования:** Завалишин С.И., Карелина В.С., Орлов А.В., Патрушев В.Ю. Биохимический потенциал постпирогенных дерново-подзолистых почв ленточных и приобских боров Алтайского края // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2020. Т. 24. № 3. С. 87–93. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-87-93

Пирогенез относится к значимым факторам формирования почвенного покрова лесных территорий, который значительно изменяет биоценозы, воздействуя комплексом факторов, ведущим среди которых является высокая температура воздуха [1–5]. Ежегодно в Алтайском крае от лесных пожаров погибает от сотен до нескольких тысяч гектар лесных насаждений, что значительно изменяет почвенный покров [6].

Наиболее масштабные лесные пожары влекут за собой значительные материальные затраты на их тушение, и обуславливают необходимость проведения широкомасштабных лесовосстановительных мероприятий [4]. В 1997 г. пожарами было уничтожено более 11 000 га леса в Угловском и Рубцовском р-нах, которые возникли вследствие неблагоприятного сочетания аномально высоких температур, ураганного ветра и длительной засухи [6].

По данным Рослесхоза лесной пожар 2010 г., произошедший на территории Михайловского р-на, отличался уникальными особенностями:

поздним сроком своего начала (8 сентября), очень интенсивным развитием, экстремально высокой температурой горения и быстрым распространением, что впоследствии привело к значительным негативным изменениям свойств почвенного покрова. Интенсивность и скорость развития сложившихся условий значительно превосходили все ранее произошедшие лесные пожары в современной России [6].

Для разработки комплекса мероприятий по лесовосстановлению в первую очередь необходимо глубоко изучить современное состояние почвенного покрова и тенденции эволюции постпирогенных почв. Лесные пожары по-разному воздействуют на агрохимические, агрофизические и биохимические свойства дерново-подзолистых почв, распространенных в климатических условиях лесостепной зоны Алтайского края (приобский Правобережный бор) и в пределах засушливой степи (Касмалинская и Барнаульская ленты ленточного бора) проявляются по-разному. В научной литературе имеются данные об

изменении морфологии и гранулометрического состава почв, их агрохимических свойств [7], однако практически отсутствуют данные об их биохимическом потенциале, который является основой самовосстановления почв, поддерживает уровень интенсивности синтеза и разложения гумуса, органических соединений азота и фосфора, что необходимо для успешного функционирования растительного сообщества. Известно, что комплекс ферментов многогранно изменяется под действием высоких температур, поскольку ферменты являются катализаторами белковой природы и подвержены температурной инактивации. В связи с этим важное значение приобретает детальное изучение активности комплекса ферментов, отражающих общий биохимический потенциал почв.

## Цель работы

Цель работы — оценка биохимического потенциала постпирогенных дерново-подзолистых почв ленточных и приобских боров Алтайского края.

## Объекты и методы исследований

Исследования по изучению биохимического потенциала постпирогенных дерново-подзолистых почв проводились среди интразональных дерново-подзолистых почв Барнаульской и Касмалинской лент ленточного бора; приобского Правобережного бора. Лесные участки, в пределах которых проводились исследования, являются репрезентативными по отношению к основному деструктивному фактору — верховому лесному пожару высокой интенсивности.

Почвенные разрезы, вскрывающие иллювиальную толщу были заложены на гари 1997 г. в юго-западной части Барнаульской ленты ленточного бора в зоне сухой степи, занимающей площадь 11 000 га. Лесорастительные условия здесь сухие и очень сухие, годовая сумма осадков по средним многолетним данным составляет 220...250 мм [8]. Рельеф как один из основных факторов почвообразования имеет особенность — сложный дюнно-бугристо-грядовый характер. Доля сосновых насаждений составляет 92,7 %, тип леса — сухой бор пологих всхолмлений, составляющий 63,2 %, а также свежий бор, простирающийся на 30,7 % территории. Средний класс бонитета сосны III,0 [6]. Почвенные разрезы были заложены на водораздельном участке в автоморфных условиях.

Лесовосстановление на исследуемой территории неудовлетворительное, подрост и подлесок отсутствуют, живой напочвенный покров слабый, изреженный, представлен единичными злаковыми растениями.

В качестве контроля послужил почвенный разрез, вскрытый в пределах лучших лесорастительных условий с хорошо развитым подлеском и подростом сосны обыкновенной с преимущественно мертвопокровным напочвенным покровом.

Лесорастительные условия гари 2010 г., простирающейся в пределах юго-западной части Касмалинской ленты ленточного бора схожи с территорией гари 1997 г. Однако имеется и характерное отличие — более выровненный рельеф, не имеющий выраженных дюнно-бугристых всхолмлений [9]. Почвенные разрезы здесь были заложены не только в пределах гари, но и на контрольном участке.

Гарь 2006 г. простирается в восточной части приобского Правобережного бора в климатических условиях лесостепной зоны, где преобладают травяной и свежий боры. Средний класс бонитета сосны на исследуемом участке II,0. Подлесок и подрост развиваются неоднородно, прослеживается динамика приуроченности к элементам рельефа. В пределах локальных водоразделов с худшими гидрологическими условиями подрост отсутствует, напочвенный растительный покров развит слабо.

При исследовании и описании современного состояния почв были детально описаны их морфологическое строение с указанием общего состояния биоценоза и даны агрохимическая и биохимическая оценки состояния почвенного покрова. В ходе работ использовались общепринятые в почвоведении методики [10–12]. Условный коэффициент интенсивности накопления гумуса определяли по соотношению активности ферментов полифенолоксидаза (ПФО) и пероксидаза (ПО) [12].

## Результаты и их обсуждение

Исследования по изучению современного состояния постпирогенных почв, их биохимического потенциала проводились на территориях разновозрастных гарей — 1997, 2006 и 2010 гг. Изученные почвенные разности объединяет особое пирогенное воздействие — высокая интенсивность верховых лесных пожаров, в результате которых были полностью уничтожены лесные насаждения и напочвенный растительный покров.

Постпирогенные почвы ленточных боров, распространенные в климатических условиях засушливой степи, характеризуются особым строением почвенного профиля. При положении в пределах локальных повышений рельефа формируются два слабо развитых гумусовых горизонта. Строение почвенного профиля:  $A_0A_1I-A_0A_1II-A_1A_2-A_2-A_2B-B$ .

Наличие двух гумусовых горизонтов при полевом описании почв подтверждается значитель-

ным различием плотности почв и их структурой. Верхний гумусовый горизонт постепенно формируется на навешанной минеральной толще, сформировавшейся в результате развития дефляции легкой по гранулометрическому составу почвы при выгорании дернового и гумусово-аккумулятивного горизонтов. Гумусовые горизонты — желтовато-белесовато-серые, рыхлые, сухие, бесструктурные, имеют обильные включения мелких частиц древесного угля. Подзолистая толща — белесая, уплотненная, постепенно переходит в иллювиальный плотный горизонт буровато-желтого цвета, обильно пропитанный оксидами железа.

В лучших гидрологических условиях на гари 1997 г. под покровом сохранившейся при пожаре и восстановленной путем искусственного и естественного лесовосстановления сосны обыкновенной морфологическое строение почв изменилось менее значительно. Профиль почв имеет типичное строение:  $A_0-A_0A_1-A_1-A_1A_2-A_2-A_2B-B$ . При более близком залегании грунтовых вод к поверхности, напочвенный покров развит лучше, дерновый горизонт имеет большую мощность и сохраняется при пирогенном воздействии. В настоящее время его мощность составляет 3...8 см, он представлен полуразложившимися растительными остатками, серовато-бурого цвета, рыхлого сложения. На поверхности почвы отмечается обилие включений древесного угля. Подзолистый горизонт менее выражен, чем в почвах локально повышения, и имеет меньшую мощность.

Морфологическое строение почв гари 2010 г. в пределах Касмалинской ленты ленточного бора значительно отличается от других дерново-подзолистых почв, которые были подвергнуты пирогенному воздействию. Лесная подстилка находится в зачаточном состоянии, состоящем из растительного опада, представленного злаковыми травами и хвоей подраста сосны обыкновенной. Морфологический профиль имеет следы пирогенного воздействия не только в дерновом и гумусово-аккумулятивном горизонтах, но и в пределах подзолистой толщи. В нижней части иллювиального горизонта отмечается обилие мелких включений древесного угля, мигрировавших по ходам выгоревших корней, а также в течение естественных процессов. Возможность значительной по глубине миграции древесного угля в профиле дерново-подзолистых почв отмечает А.С. Керженцев [13].

Гумусово-аккумулятивный горизонт дерново-подзолистой почвы гари 2010 г. темно-серого и черного цвета, что обусловлено обугливанием органических остатков и обильным поступлением древесного угля в профиль почвы. Почва сильно пылит, является бесструктурной, сухой, вскрытый профиль почвы легко осыпается при слабом механическом воздействии.

Одновременно с почвенным профилем гари 2010 г. была вскрыта фоновая дерново-подзолистая почва в пределах сохранившегося участка соснового бора юго-западной части Касмалинской ленты ленточного бора. Фоновая почва имеет типичное морфологическое строение почвенного профиля, хорошо развитые дерновый и гумусово-аккумулятивный горизонты, которые имеют комковато-плитчатую структуру. Подзолистый горизонт желтовато-белесый, является переходным к иллювиальному. В целом морфологическое строение фоновых дерново-подзолистых почв Касмалинской ленты ленточного бора имеет строение, сходное с почвами приобского Правобережного бора. Профиль их имеет следующее строение:  $A_0-A_0A_1-A_1-A_1A_2-A_2B-B$ .

Развитие дефляции на легких по гранулометрическому составу почвах гари 2010 г. в условиях хорошо развитого микрорельефа приводит к формированию вторых гумусовых горизонтов, погребенных под эоловыми наносами [1]. Вторые гумусовые горизонты обнаружены в дерново-подзолистых почвах гари 2010 г. в условиях сухой степи на территории ленточных боров Алтайского края, а также на гари 2006 г. в пределах приобского Правобережного бора в лесостепной зоне Алтайского края.

В пределах локального водораздела гари 2006 г. обнаружены навешанные почвы, имеющие погребенный гумусовый горизонт ( $A_h$ ) на глубине 15...18 см, над которым отмечается аккумуляция включений древесного угля. В результате обследования территорий, подвергшихся воздействию лесных пожаров, установлено, что вторые гумусовые горизонты имеют пирогенное происхождение. Наличие вторых гумусовых горизонтов в профиле фоновых дерново-подзолистых почв свидетельствует о пирогенном воздействии на почвы данных территорий.

Изучение морфологических особенностей строения профиля дерново-подзолистых почв гари 2006 г. также показало, что при наличии почв в пределах межгрядных понижений способствует их сохранности в случае пирогенного воздействия. В настоящее время строение профиля данных почв соответствует фоновому:  $A_0-A_0A_1-A_1-A_1A_2-A_2B-B$ , мощность дернового горизонта составляет 5...9 см.

Помимо изменения морфологического строения пирогенное воздействие значительно изменяет агрохимические свойства почв, которые по-разному проявляются в различных климатических зонах [5, 7, 14] (табл. 1).

Как следует из табл. 1, почвы гари 1997 г., распространенные в Касмалинской и Барнаульской лентах ленточного бора, значительно отличаются по уровню актуальной кислотности

Т а б л и ц а 1

**Физико-химические свойства дерново-подзолистых почв гари 1997 и 2010 гг., Касмалинской и Приобской лент ленточного бора, приобского Правобережного бора**

**Physical-chemical properties of sod-podzolic soils of forest fires 1997 and 2010, the Kasmalinsky and Priob ribbon pine forests, the right-bank of the Ob pine forest**

Почвенный горизонт	Глубина, см		pH <sub>вод</sub>		Содержание гумуса, %	
	гарь 1997 г., ленточный бор (Касмалинская, Приобская ленты), сухая степь	гарь 2006 г., приобский Правобережный бор, лесостепь	гарь 1997 г., ленточный бор (Касмалинская, Приобская ленты), сухая степь	гарь 2006 г., приобский Правобережный бор, лесостепь	гарь 1997 г., ленточный бор (Касмалинская, Приобская ленты), сухая степь	гарь 2006 г., приобский Правобережный бор, лесостепь
A <sub>1</sub>	10...20	15...20	6,0	4,31	6,8	2,49
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	20...30	25...35	5,3	3,81	1,29	0,71
A <sub>2</sub>	45...55	–	4,9	–	0,01	–
A <sub>2</sub> B	70...80	45...55	5,4	4,20	0,01	0,01
B	80-90	60...70	5,9	5,31	0,03	0,02

Т а б л и ц а 2

**Биохимический потенциал дерново-подзолистых почв гари 1997 г. и 2010 г., Касмалинской и Барнаульской лент ленточного бора, приобского Правобережного бора**

**Biochemical potential of sod-podzolic soils of forest fires in 1997 and 2010, the Kasmalinsky and Barnaul ribbon pine forests, the right-bank of the Ob pine forest**

Почвенный горизонт	Каталаза, O <sub>2</sub> см <sup>3</sup> /г×мин		Уреаза, pH		Протеаза, %	
	гарь 1997 г., ленточный бор (Касмалинская, Барнаульская ленты), сухая степь	гарь 2006 г., приобский Правобережный бор, лесостепь	гарь 1997 г., ленточный бор (Касмалинская, Барнаульская ленты), сухая степь	гарь 2006 г., приобский Правобережный бор, лесостепь	гарь 1997 г., (Касмалинская, Барнаульская ленты), сухая степь	гарь 2006 г., приобский Правобережный бор, лесостепь
A <sub>1</sub>	1,4	7,0	1,2	2,5	98,6	100,0
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>	0,6	4,9	3,5	1,5	42,9	60,5
A <sub>2</sub>	0,1	–	1,7	–	80,0	–
A <sub>2</sub> B	0,6	1,9	1,1	0,3	83,2	82,0
B	0,0	0,2	0,1	0,0	100,0	99,1

и гумусированности профиля почв от гари 2006 г. в приобском Правобережном бору. Обильное поступление зольных элементов и древесного угля на поверхность дерново-подзолистой почвы вызывает подщелачивание почвенного раствора, уровень pH<sub>вод</sub> гумусово-аккумулятивного горизонта соответствует нейтральному, что нетипично. Засушливые условия и низкое количество осадков приводят к длительному изменению pH<sub>вод</sub> почвы. При этом изменение уровня актуальной кислотности затрагивает не только верхний горизонт, но и весь профиль почвы.

В настоящее время подщелачивание почвенного раствора почвы гари 2006 г. не выявлено, уровень актуальной кислотности соответствует кислой реакции среды — на уровне pH<sub>вод</sub> фоновой дерново-подзолистой почвы. Быстрое восстановление pH<sub>вод</sub> почвы связано с более увлажненными условиями и выносом щелочных продуктов гари за пределы почвенного профиля.

Содержание гумуса в исследуемых почвах также различно. В естественных условиях дерново-подзолистые почвы приобского Правобережного бора более гумусированы, чем почвы рассматриваемых ленточных боров, что связано с различием ведущих факторов почвообразования — растительности и климата. На этапе постпирогенной трансформации почв в гумусово-аккумулятивном горизонте гари 1997 г. обнаруживается высокая гумусированность, соответствующая 6,8 %, и низкая — 1,29 % в переходном горизонте. Предполагаем, что такой уровень содержания гумуса связан с несовершенством современных методов определения содержания гумуса в почве, при котором невозможно отделить углерод древесного угля от углерода гумуса, на что указывает А.С. Керженцев [13]. На поверхности данной почвы сохранено большое количество включений древесного угля, который постепенно пропитывает поч-



венную толщу и смешивается с минеральной массой. В связи с низким количеством осадков древесный уголь длительное время сохраняется в профиле почвы.

Гумусированность дерново-подзолистой почвы гари 2006 г. в пределах приобского Правобережного бора соответствует 2,49 %, что находится в пределах фоновой гумусированности дневных горизонтов дерново-подзолистых почв.

Биохимический потенциал почв гарей также во многом зависит от этапа трансформации пирогенных почв и климатических особенностей территории. Известно, что пирогенез значительно изменяет микробиологическую активность и соотношение групп микроорганизмов, обуславливающих ферментативную активность [15–18]. Нами определен биохимический потенциал почв по активности ферментов каталазы, уреазы и протезы (табл. 2).

Каталазная активность характеризуется значительными различиями в профиле почв гарей 1997 г. и 2006 г. Почвы приобского Правобережного бора, распространенные в межгрядных понижениях, имеют высокий биохимический потенциал, в том числе определенный по активности каталазы. Почвы гари 1997 г. Касмалинской и Барнаульской лент ленточного бора низко обеспечены каталазой. Несмотря на временные различия воздействий пожара, напочвенный покров приобского Правобережного бора, пострадавшего от верхового пожара высокой интенсивности, хорошо развит, травянистая формация представлена бобово-злаковым разнотравьем. В то же время напочвенный покров гари 1997 г. в пределах Касмалинской и Барнаульской лент ленточного бора на территории пожара сходной интенсивности изрежен, представлен единичными злаковыми растениями. Уровень каталазной активности косвенно указывает на уровень микробиологической активности, которая во многом определяется количеством поступающих растительных остатков и степенью увлажнения [19].

Уровень уреазной и протеазной активности также различен в пределах разновозрастных гарей. Активность фермента уреазы отражает общий уровень плодородия почв, поскольку этот фермент участвует в азотном обмене почв. В целом дерново-подзолистые почвы Алтайского края характеризуются низким уровнем плодородия и обеспеченности азотом, ферментом уреазой. В почвах гари 1997 г. отмечается характерная закономерность в накоплении уреазы в гумусово-аккумулятивном горизонте, что присуще фоновым дерново-подзолистым почвам. Активность уреазы в почвах гари 2006 г. соответствует таковой фоновых почв.

Обеспеченность почв протеазой отражает их потенциальную возможность разлагать белковые соединения [20]. Для дерново-подзолистых почв

характерен высокий уровень протеазной активности, связанный с особенностями состава растительного опада и состава микрофлоры. Почвы гари 2006 г., распространенные на территории приобского Правобережного бора в лесостепных условиях, через 12 лет после пирогенного воздействия полностью восстановили уровень активности протеазы. Почвы гари 1997 г. не достигли фоновых значений активности протеазы спустя 21 год постпирогенной трансформации почв.

В целом уровень биохимической активности почв указывает на более интенсивное и ускоренное восстановление почвенной биоты в почвах гари 2006 г. в пределах приобского Правобережного бора, чем в почвах гари 1997 г. Касмалинской и Барнаульской лент ленточного бора.

## Выводы

Пирогенное воздействие на дерново-подзолистые почвы носит многогранный характер. В результате изучения почв гарей верховых лесных пожаров высокой интенсивности 1997, 2006 и 2010 гг., распространенных в пределах Касмалинской и Барнаульской лент ленточного и приобского Правобережного боров, установлено изменение морфологического строения почвенного профиля, физико-химических свойств и биохимического потенциала. Характер и скорость постпирогенной трансформации дерново-подзолистых почв во многом зависят от климатических условий территории. Почвы гари 2006 г., распространенные в Приобском Правобережном бору восстанавливаются и приобретают типичные свойства эффективнее и быстрее, чем почвы юго-западной части Касмалинской и Барнаульской лент ленточного бора. Это показывают гумусовый профиль, особенности актуальной кислотности почвенных горизонтов и биохимический потенциал.

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 18-04,00866, А и № 18-34-00421, мол\_а.*

## Список литературы

- [1] Завалишин С.И., Карелина В.С. Оценка биохимического потенциала и показателей плодородия дерново-подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом лесостепной зоны Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, 2019. № 2 (172). С. 60–66.
- [2] Доржсурэн Ч., Краснощеков Ю.Н. Послепожарные сукцессии в псевдотаежных лиственных лесах Центрального Хангая в Монголии // Хвойные бореальной зоны, 2007. Т. XXIV. № 4–5. С. 391–397.
- [3] Краснощеков Ю.Н. Постпирогенная трансформация почв сосновых лесов в Юго-Западном Прибайкалье // Вестник КрасГАУ, 2009. № 9. С. 60–65.
- [4] Тарасов П.А., Михно А.С., Сизина А.Ф. Оценка пирогенного влияния на почвы ленточных боров Алтайского края // Вестник КрасГАУ, 2011. № 1. С. 26–30.
- [5] Fernández I., Cabaneiro A., Carballas T. Organic matter changes immediately after a wildfire in an Atlantic forest

- soil and comparison with laboratory soil heating // *Soil Biology & Biochemistry*, 1997, v. 29, pp. 1–11.
- [6] Устранение последствий лесных пожаров. Хроника событий: сведения о лесных пожарах в Алтайском крае. URL: <https://www.forestvologda.ru/131> (дата обращения 21.07.2019).
- [7] Трофимов И.Т., Бахарева И.Ю. Особенности послепирогенной трансформации дерново-подзолистых почв западной части ленточных боров Алтайского края // *Вестник АГАУ*, 2007. № 11. С. 31–38.
- [8] Агроклиматические ресурсы Алтайского края (без Горно-Алтайской автономной области). Л.: Гидрометеиздат, 1971. 155 с.
- [9] Маленко А.А. Рост и продуктивность искусственных насаждений в ленточных борах Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2012. 40 с.
- [10] Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 488 с.
- [11] Звягинцев Д.Г. Биология почв. М.: МГУ, 2005. 445 с.
- [12] Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М.: Наука, 1982. 204 с.
- [13] Керженцев А.С. Изменчивость почвы в пространстве и во времени. М.: Наука, 1992. 110 с.
- [14] Ulery A.L., Graham R.C., Bowen L.H. Forest fire effects on soil phyllosilicates in California // *Soil Science Society of America J.*, 1996, v. 60, pp. 309–315.
- [15] Бурлакова Л.М., Морковкин Г.Г., Ананьева Ю.С., Завалишин С.И., Каменский В.А. Влияние лесных пожаров на свойства подзолистых почв (на примере Ханты-Мансийского автономного округа) // *Лесной вестник*, 2002. № 2. С. 66–71.
- [16] Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E., Wallenstein M.D., Weintraub M.N., Zoppini A. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions // *Soil Biol. Biochem.*, 2013, v. 58, pp. 216–234.
- [17] Sgardelis S., Margaris N.S. Effects of fire on soil microarthropods of a phrygic ecosystem // *Pedobiologia*, 1993, v. 37, pp. 83–94.
- [18] Xiang X., Shi Y., Yang J., Kong J., Lin X., Zhang H., Zeng J., Chu H. Rapid recovery of soil bacterial communities after wildfire in a Chinese boreal forest // *Scientific Reports*, 2015, v. 4, article number 3829. URL: <https://doi.org/10.1038/srep03829> (дата обращения 21.07.2019).
- [19] Nannipieri P., Giagnoni L., Renella G., Puglisi E., Ceccati B., Masci-andaro G., Fornasier F., Moscatelli M. C., Marinari S. Soil enzymology: classical and molecular approaches // *Biology and Fertility of Soils*, 2012, v. 44(7), pp. 743–762. DOI 10.1007/s00374-012-0723-0.
- [20] Sinsabaugh R.L. Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil // *Soil Biology & Biochemistry*, 2010, v. 42, pp. 391–404.

## Сведения об авторах

**Завалишин Сергей Иванович** — канд. с.-х. наук, доцент Алтайского государственного аграрного университета, [serg11zav@mail.ru](mailto:serg11zav@mail.ru)

**Карелина Виктория Сергеевна** — аспирант Алтайского государственного аграрного университета, [rochva22@mail.ru](mailto:rochva22@mail.ru)

**Орлов Андрей Владимирович** — аспирант Алтайского государственного аграрного университета, [orlov1991andrey@yandex.ru](mailto:orlov1991andrey@yandex.ru)

**Патрушев Владимир Юрьевич** — ведущий экономист управления экономики и развития Алтайского государственного аграрного университета, [vvpr0477@yandex.ru](mailto:vvpr0477@yandex.ru)

Поступила в редакцию 11.02.2020.

Принята к публикации 15.04.2020.

## POST-FIRE TRANSFORMATION OF SOD-PODZOLIC SOILS IN RIBBON PINE FORESTS IN ALTAI TERRITORY

**S.I. Zavalishin, V.S. Karelina, A.V. Orlov, V.Yu. Patrushev**

Altay State Agrarian University, 98, Krasnoarmeysky pr-t, 656049, Barnaul, Russia

[serg11zav@mail.ru](mailto:serg11zav@mail.ru)

Studies on the post-pyrogenic transformation of sod-podzolic soils were carried out within Kasmala and Barnaul ribbon pine forests, as well as in the right-bank of the Priob pine forest. Soil transects were laid within the section of forest fire within the limits of high forest fires of high intensity in 1997, 2006 and 2010, showing the change in the morphological structure of the soil profile, physical-chemical properties and biochemical potential. The main morphological changes of soils are associated with the loss of structure, destruction of sod and humus-accumulative horizons in pyrogenic impact. With the combination of light particle size distribution, pronounced microrelief and increased deflation in soils of local watersheds, the second humus horizons buried under Eolian sediments are formed. Actual acidity and quasisonant soil profile of sod-podzolic soils of forest fire 2006 within the Ob pine forests corresponds to a background rate of natural soils. The reaction of the soil solution humus-accumulative horizon of forest fire in 1997 in the ribbon forest corresponds to neutral, in connection with the alkalization of the products of combustion of forest litter, low amount rainfall in a zone of dry steppes does not allow to recover the actual acidity. The biochemical potential of these soils is reduced. It was found that the soils of the Priob pine forest faster and more effectively restore the physical and chemical properties and biochemical potential than the soils of the ribbon forest.

**Keywords:** pyrogenesis, forest fire, sod-podzolic soils, soil biochemistry

**Suggested citation:** Zavalishin S.I., Karelina V.S., Orlov A.V., Patrushev V.Yu. *Biokhimičeskij potentsial postpирогенных дерново-подзолистых почв ленточных и приобских боров Алтайского края* [Post-fire transformation of sod-podzolic soils in ribbon pine forests in Altai territory]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2020, vol. 24, no. 3, pp. 87–93. DOI: 10.18698/2542-1468-2020-3-87-93

## References

- [1] Zavalishin S.I., Karelina V.S. *Otsenka biokhimicheskogo potentsiala i pokazatelei plodorodiya dernovo-podzolistykh pochv so vtorym gumusovym gorizontom lesostepnoi zony Altaiskogo kraya* [Evaluation of the biochemical potential and fertility indicators of sod-podzolic soils with a second humus horizon in the forest-steppe zone of Altai Krai]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], 2019, no. 2 (172), pp. 60–66.
- [2] Dorzhsuren Ch., Krasnoshchekov Yu.N. *Poslepozharnye suksessii v psevdotaezhnykh listvennichnykh lesakh Tsentral'nogo Khangaya v Mongolii* [Post-fire successions in the pseudotaiga larch forests of Central Hangai in Mongolia]. *Khvoynye boreal'noy zony* [Coniferous boreal zones], 2007, t. XXIV, no. 4–5, pp. 391–397.
- [3] Krasnoshchekov Yu.N. *Postpirogennaya transformatsiya pochv sosnovykh lesov v Yugo-Zapadnom Pribaykal'e* [Post-pyrogenic transformation of pine forest soils in the South-Western Baikal region]. *Vestnik KrasGAU*, 2009, no. 9, pp. 60–65.
- [4] Tarasov P.A., Mikhno A.S., Sizina A.F. *Otsenka pirogennogo vliyaniya na pochvy lentochnykh borov Altayskogo kraya* [Evaluation of the pyrogenic effect on the soils of the tape forests of the Altai Territory]. *Vestnik KrasGAU*, 2011, no. 1, pp. 26–30.
- [5] Fernández I., Cabaneiro A., Carballas T. Organic matter changes immediately after a wildfire in an Atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating. *Soil Biology & Biochemistry*, 1997, v. 29, pp. 1–11.
- [6] *Ustranenie posledstviy lesnykh pozharov. Khronika sobyitiy: svedeniya o lesnykh pozharakh v Altayskom krae* [Management of forest fires. Chronicle of events: information about forest fires in the Altai Territory]. Available at: <https://www.forestvologda.ru/131> (accessed 21.07.2019).
- [7] Trofimov I.T., Bakhareva I.Yu. *Osobennosti poslepirogennoy transformatsii dernovo-podzolistykh pochv zapadnoy chasti lentochnykh borov Altayskogo kraya* [Features of post-pyrogenic transformation of sod-podzolic soils of the western part of the tape forests of Altai Krai]. *Vestnik AGAU*, 2007, no. 11, pp. 31–38.
- [8] *Agroklimaticheskie resursy Altayskogo kraya (bez Gorno-Altayskoy avtonomnoy oblasti)* [Agroclimatic resources of the Altai Territory (without the Gorno-Altai Autonomous Region)]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971, 155 p.
- [9] Malenko A.A. [The growth and productivity of artificial plantings in the tape forests of Western Siberia]. Diss. Dr. Sci. (Agric.). Yekaterinburg, 2012, 40 p.
- [10] Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Chemical soil analysis guide]. Moscow: Moscow State University, 1970, 488 p.
- [11] Zvyagintsev D.G. *Biologiya pochv* [Soil biology]. Moscow: Moscow State University, 2005, 445 p.
- [12] Khaziev F.Kh. *Sistemno-ekologicheskii analiz fermentativnoy aktivnosti pochv* [System-ecological analysis of the enzymatic activity of soils]. Moscow: Nauka, 1982, 204 p.
- [13] Kerzhentsev A.S. *Izmenchivost' pochvy v prostranstve i vo vremeni* [Soil variability in space and time]. Moscow: Nauka, 1992, 110 p.
- [14] Ulery A.L., Graham R.C., Bowen L.H. Forest fire effects on soil phyllosilicates in California // *Soil Science Society of America J.*, 1996, v. 60, pp. 309–315.
- [15] Burlakova L.M., Morkovkin G.G., Anan'eva Yu.S., Zavalishin S.I., Kamenskiy V.A. *Vliyanie lesnykh pozharov na svoystva podzolistykh pochv (na primere Khanty-Mansiyskogo avtomnogo okruga)* [The effect of forest fires on the properties of podzolic soils (on the example of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug)]. *Lesnoy vestnik*, 2002, no. 2, pp. 66–71.
- [16] Burns R.G., DeForest J.L., Marxsen J., Sinsabaugh R.L., Stromberger M.E., Wallenstein M.D., Weintraub M.N., Zoppini A. Soil enzymes in a changing environment: Current knowledge and future directions. *Soil Biol. Biochem.*, 2013, v. 58, pp. 216–234.
- [17] Sgardelis S., Margaris N.S. Effects of fire on soil microarthropods of a phryganic ecosystem. *Pedobiologia*, 1993, v. 37, pp. 83–94.
- [18] Xiang X., Shi Y., Yang J., Kong J., Lin X., Zhang H., Zeng J., Chu H. Rapid recovery of soil bacterial communities after wildfire in a Chinese boreal forest. *Scientific Reports*, 2015, v. 4, article number 3829. URL: <https://doi.org/10.1038/srep03829> (accessed 21.07.2019).
- [19] Nannipieri P., Giagnoni L., Renella G., Puglisi E., Ceccanti B., Masciandaro G., Fornasier F., Moscatelli MC, Marinari S. Soil enzymology: classical and molecular approaches. *Biology and Fertility of Soils*, 2012, v. 448 (7), pp. 743–762. DOI 10.1007 / s00374-012-0723-0.
- [20] Sinsabaugh R.L. Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 2010, v. 42, pp. 391–404.

## Authors' information

**Zavalishin Sergey Ivanovich** — Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Altai State Agrarian University, [serg11zav@mail.ru](mailto:serg11zav@mail.ru)

**Karelina Viktoriya Sergeevna** — Pg., Altai State Agrarian University, [pochva22@mail.ru](mailto:pochva22@mail.ru)

**Orlov Andrey Vladimirovich** — Pg., Altai State Agrarian University, [orlov1991andrey@yandex.ru](mailto:orlov1991andrey@yandex.ru)

**Patrushev Vladimir Yur'evich** — Leading economist of the Department of economy and development Altai State Agrarian University, [vvp0477@yandex.ru](mailto:vvp0477@yandex.ru)

Received 11.02.2020.

Accepted for publication 15.04.2020.