

DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-927

УДК 631.41:581.5



Научная статья

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И СВОЙСТВ ПОЧВ В ХОДЕ ИХ ПОСТАГРОГЕННОГО РАЗВИТИЯ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ

*С.Ю. Зорина, Л.Г. Соколова,
С.Г. Казановский, Н.В. Дорофеев*

***Цель.** Изучить особенности восстановления растительных сообществ и некоторых свойств серых лесных почв, включая гумусное состояние, в ходе их постагрогенной трансформации в условиях лесостепной зоны Прибайкалья.*

***Материалы и методы.** Исследования проводили в сукцессионном хроноряду, включающем пашню, разновозрастные залежи и естественные ценозы (луг и лес). Для изучения видового состава растительности использовали традиционные методы фитоценологии. Смешанные образцы почв из трех прикопок отбирали из бывшего пахотного слоя 0-20 см. Определяли содержание органического углерода (Сорг), общего азота (N), отношение C/N. Измеряли плотность почв, что позволило оценить запасы Сорг. Определяли величину рН(H₂O) и рН(KCL). Обработку результатов выполняли с использованием однофакторного дисперсионного анализа (программа Sigma Plot from Windows Version 14.0.).*

***Результаты.** Показано, что после выведения почв из сельскохозяйственного использования происходит восстановление естественной растительности, характерной для лесостепной зоны исследуемого региона. При этом стоит отметить длительное сохранение в составе растительности ряда рудеральных видов, которые могут сдерживать формирование терминальных фитоценозов. Наряду с изменением растительности в ряду исследуемых почв выявлено значительное повышение содержания органического углерода. Его запасы на более поздних стадиях постагрогенной сукцессии в 1,5 раза превосходили запасы Сорг в пахотной почве. С увеличением возраста залежи возрастало содержание гумуса, но кардинальных изменений в его качественном составе не наблюдалось. Данные свидетельствует о стабильном функци-*

онировании системы гумусовых веществ в серых лесных почвах лесостепной зоны Прибайкалья в ходе их постагрогенного развития.

Заключение. Изучение процессов восстановления постагрогенных почв важно в свете прогноза их развития при различных сценариях землепользования в конкретных природно-климатических условиях.

Ключевые слова: залежи; постагрогенное развитие; Luvic Retic Phaeozem; гумус; растительность; лесостепь Прибайкалья

Для цитирования. Зорина С.Ю., Соколова Л.Г., Казановский С.Г., Дорофеев Н.В. Изменение состава растительности и свойств почв в ходе их постагрогенного развития в лесостепной зоне Прибайкалья // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2023. Т. 15, №5. С. 74-96. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-927

Original article

PLANT COMPOSITION AND SOIL PROPERTIES DURING POSTAGROGENIC EVOLUTION IN THE CIS-BAIKAL FOREST-STEPPE ZONE

*S. Yu. Zorina, L. G. Sokolova,
S. G. Kazanovsky, N. V. Dorofeev*

Purpose. The purpose of the study was to examine the features of the restoration of plant communities and some properties of gray forest soils, including the humus state, during their post-agrogenic transformation in the conditions of the Cis-Baikal forest-steppe zone.

Materials and methods. The study was carried out using the post-agrogenic chronosequences, including arable land, abandoned soils of different ages, and natural cenoses (meadow and forest). Traditional methods of phytocenology were applied to study the plant composition. Mixed soil samples from three trenches were collected from the former arable layer of 0–20 cm. The content of organic carbon (Corg), total nitrogen (N), and the C/N ratio, the pH(H₂O) and pH(KCL) values, as well as soil density and the reserves of Corg were determined. The statistical processing of data was performed using One Way ANOVA (Sigma Plot from Windows Version 14.0).

Results. It was shown that plant vegetation being typical for the Baikal forest-steppe zone was recovering after the cessation of plowing. At the same time, the several ruderal species were preserved in the plant composition during a long

period. This specific phenomenon could be the cause for inhibition of terminal phytocenoses formation. Along with the change in the vegetation, a significant increase in the organic carbon content was revealed in the soils of chronosequences. At the later stages of post-agrogenic succession the carbon reserves in soil were 1.5 times higher than those in arable soil. The humus content in the soils increased with age of the abandoned lands, but no cardinal changes in its qualitative composition were observed. The data indicated the stable functioning of the system of humus substances in the gray forest soils of the Baikal forest-steppe zone during their post-agrogenic evolution.

Conclusion. *The results can be used for the forecast of post-agrogenic soil changes under various scenarios of land use in conditions of the Baikal region.*

Keywords: *abandoned lands; post-agrogenic evolution; Luvic Reti Phaeozem; humus; vegetation; Baikal forest-steppe zone*

For citation. *Zorina S.Yu., Sokolova L.G., Kazanovsky S.G., Dorofeev N.V. Plant Composition and Soil Properties During Postagrogenic Evolution in the Cis-Baikal Forest-Steppe Zone. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 74-96. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-927*

Введение

Понимание закономерностей самовосстановления постагрогенных почв представляет интерес в связи с определением перспективы их дальнейшего использования в каждом конкретном регионе, с учетом особенностей почвенно-климатических условий, на фоне которых протекает процесс восстановления растительности и почвенного плодородия.

Особое внимание в этом аспекте уделяется исследованиям изменения свойств почв, которые в условиях как активного агротехнического воздействия, так и при выведении почв из сельскохозяйственного оборота в залежь, позволяют выявить направленность процессов почвообразования, в значительной степени определяющих уровень плодородия почв.

Согласно данным Министерства сельского хозяйства Иркутской обл. фонд выведенных из сельскохозяйственного использования пахотных почв в настоящий момент составляет порядка 640 тыс. га или 40% от всего пахотного фонда. Возраст половины из них не достигает 10 лет, остальные старше. Со временем на возрастных залежных участках происходит активное естественное лесовосстановление. Имеющиеся в литературе данные показывают, что при выведении почв из сельскохозяйственного оборота запускается процесс формирования естественных типов экосистем, приуроченных к данной природно-климатической зоне [4, 11, 33]. При этом

ведущую роль в процессе постагрогенной трансформации почв играет характер смены растительности [39, 28, 37, 36]. Заращение бывших пахотных почв естественной растительностью сопровождается изменением основных физико–химических, химических и биологических свойств [35, 28, 7, 30]. Наиболее заметные изменения почвенных свойств отмечаются в пределах верхней старопашотной толщи [28, 37].

Однако необходимо учитывать, что направленность и величина самих изменений свойств почв в процессе их восстановления может быть разной с учетом влияния многочисленных факторов в пределах конкретной природной биоклиматической зоны [12, 37, 40]. Отсутствие достаточных сведений об исходном состоянии залежей исследуемого региона, включая особенности формирования естественной растительности и ее видового состава, изменения почвенных свойств по мере зарастания бывших пахотных почв, не позволяют в полной мере оценить интенсивность и направленность процессов трансформации почв в ходе их постагрогенного развития.

Цель исследования

Изучение особенностей восстановления растительных сообществ и некоторых свойств серых лесных почв, включая гумусное состояние, в ходе их постагрогенной трансформации в условиях лесостепной зоны Прибайкалья.

Материалы и методы

Исследования проводили в лесостепной зоне Прибайкалья, характеризующейся умеренно сухим резко континентальным климатом [2]. Годовое количество осадков составляет 270–450 мм, большая часть которых приходится на вегетационный сезон. Невысокая теплообеспеченность (сумма активных температур 1531 – 2165 °С за последние 30 лет), а также небольшая мощность снежного покрова и длительно сезонная мерзлота обуславливают особенности формирования состава природной растительности, развития процессов почвообразования и свойства почв. Для исследуемой территории с полого-волнистым рельефом характерно чередование хвойно-мелколиственных лесов, под которыми формируются серые лесные почвы с участками остепненных лугов [10]. Данный тип почвы широко развит в пределах исследуемого региона и составляет значительную долю в составе сельскохозяйственных угодий [15].

Исследования изменений растительности и свойств серых лесных почв (Luvic Retic Phaeozem (Loamic, Aric) [27], в разное время выведенных из

сельскохозяйственного оборота, проводили в июле–августе 2020 г. на территории Заларинского района. В настоящее время на данной территории имеется значительный фонд залежных земель с разнообразным флористическим составом растительности. Основанием для выбора исследуемых объектов послужила сформированность почв на однородных аллювиально–делювиальных отложениях Юрского периода, в пределах близкого элемента мезорельефа, а также непосредственная близость их расположения (0,1 – 8 км).

Объектами исследования служили: молодая залежь (4 года) с преобладанием сорно-рудеральных растений; залежь 10–15 лет под разнотравным лугом; залежь 15–18 лет с возобновлением древесной на фоне луговой растительности (табл. 1). Старопахотный (~100 лет) участок пашни и естественные ценозы (лес – 90–110 лет и луг – 50–70 лет) служили двухсторонним контролем. Пашня представлена посевом яровой пшеницы, возделываемой на протяжении последних тридцати лет в зернопаровом севообороте.

Таблица 1.

Местоположение и общая характеристика объектов исследования

Реперный участок	Возраст, лет	Растительность
Пашня	> 100	Посевы пшеницы
Залежь 1	4	Злаково-полынно-разнотравная рудеральная ассоциация
Залежь 2	10-15	Кострецово-пастернаково-короставниково-разнотравный луг
Залежь 3	15-18	Кипрейно-горлохово-разнотравная ассоциация с признаками начала формирования березово-соснового леса
Луг	50-70	Кострецово-пырейно-разнотравный луг
Лес	90-110	Сосновый вейниково-осоково - разнотравный лес

На каждой пробной площади (100 м²) исследуемых залежей выполнялось описание растительного и почвенного покрова. Для изучения растительности применяли стандартные геоботанические методы [21, 8]. Обилие видов растений на пробной площади оценивалось глазомерно по шкале обилия Друде с дополнениями А.А. Уранова и П.Д. Ярошенко [22, 21].

Для уточнения морфогенетической характеристики почв на каждом участке залежи закладывали три прикопки глубиной 0,5 м. Образцы почв отбирали из бывшего пахотного слоя 0–20 см, с целью изучения изме-

нения их свойств в ходе постагрогенного развития. Анализ физических и химических свойств, включая качественный состав гумуса, проводили общепринятыми методами [1]. Содержание углерода в почвах определяли мокрым сжиганием почвы по методу Тюрина, а азот – методом Кьельдаля. Величину pH (KCl и H₂O) оценивали потенциометрически в почвенной суспензии при отношении почва : раствор = 1:2,5. Плотность почв в 3–кратной повторности в слое 0–20 см определяли методом Качинского. Анализ фракционно–группового состава гумуса почвы проводили по схеме Тюрина в модификации Пономаревой – Плотниковой [14].

Обработка результатов выполнена с использованием однофакторно–дисперсионного анализа (программа Sigma Plot from Windows Version 14.0.). Нормальность распределения в выборках данных оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка. Различия статистически значимыми принимали при $p < 0,05$. На рисунке данные представлены в виде боксов, обозначена средняя арифметическая, грани боксов 25% и 75% процентиля, а также минимумы и максимумы.

Результаты и обсуждение

Состав растительности молодой залежи (4 года) представлен преимущественно низкоконкурентными сорно–рудеральными растениями (25 видов). Значительный вклад вносят полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* M.Bieb.). Встречаются также виды, характерные для соседнего луга: пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica* Serg.), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.), мелколепестник едкий (*Erigeron acris* L.), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.). Таким образом, на молодой залежи формируется злаково–полынно–разнотравная рудеральная ассоциация.

На залежи 10–15 лет образуется полноценное луговое сообщество с сохранением ряда заносных и рудеральных видов (22 вида). Так, заносный вид пастернак лесной (*Pastinaca sylvestris* Mill.) даже входит в число доминантов, как и кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub). Рудеральные виды уже не играют существенной ценотической роли и представлены единичными экземплярами, такими как осот полевой (*Sonchus arvensis* L.) и полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.). Активно начинают внедряться в фитоценоз и другие виды растений: короставник полевой (*Knautia arvensis* (L.) J.M.Coult.), тысячелистник азиатский (*Pastinaca sylvestris* Mill.) и репейничек волосистый (*Agrimonia pilosa* Ledeb.). Видо-

вой состав растительности свидетельствует о формировании на данном залежном участке кострцово–пастернаково–короставниково–разнотравного луга.

Существенно отличается от предыдущих участков 15–18-летняя залежь, где происходит появление древесной растительности. Отмечено возобновление сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth). Кустарниковый ярус представлен невысокими растениями шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.). Травянистый ярус данной залежи имеет более богатый видовой состав по сравнению с предыдущими залежами (32 вида). Доминирует кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub), произрастающий в более увлажненных и тенистых участках сообщества, а также горлюха даурская (*Picris davurica* Fisch.), предпочитающая более открытые и сухие места. В числе субдоминантов отмечены осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), гравилат алеппский (*Geum aleppicum* Jacq.), тысячелистник азиатский (*Achillea asiatica* Serg.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* M.Bieb.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.). Наблюдается формирование кипрейно–горлюхово–разнотравной ассоциации с тенденцией развития березово–соснового леса, который является представителем зонального типа растительного покрова в данном регионе.

Естественный кострцово–пырейно–разнотравный луг (50–70 лет), являющийся одним из контролей, представляет типичную ассоциацию суходольного настоящего луга с доминированием корневищных злаков, таких как кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) и пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). В качестве субдоминантов выступают корневищные злаки в виде овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и мятлики сибирского (*Poa sibirica* Roshev.). Значительную группу представляют крупные многолетние травы, такие как зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa* L.), жабрица порезниковая (*Seseli libanotis* (L.) W.D.J. Koch), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.). Большое участие в сложении данного сообщества (28 видов) принадлежит растениям лесостепного комплекса – землянике зеленой (*Fragaria viridis* Duch.), прострелу многораздельному (*Pulsatilla multifida* (G. Pritzel) Juz.), нонее русской (*Nonnea rossica* Steven).

Древесный ярус естественного леса (90–110 лет) в основном представлен сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В подросте локально встречаются осина (*Populus tremula* L.) и береза (*Betula pendula* Roth). В разреженном подлеске шиповник майский (*Rosa cinnamomea* L.) и спи-

рея средняя (*Spiraea media* F.Schmidt). В травяном покрове преобладают вейник притупленный (*Calamagrostis obtusata* Trin.), осока большехвостая (*Carex macroura* Meinch.). Значительную роль в фитоценозе играют также горошек однопарный (*Vicia unijuga* A.Br.), костяника (*Rubus saxatilis* L.), прострел желтеющий (*Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz.). В результате формируется сосновый вейниково–осоково–разнотравный лес (30 видов).

Как видно из вышеприведенных описаний, после прекращения распашки идет постепенное восстановление естественной растительности луговых и лесных сообществ, характерных для лесостепной зоны исследуемого региона. При этом в изученном ряду разновозрастных залежей имеет место длительное сохранение в составе растительности ряда рудеральных растений, характерных для ранних стадий развития залежей. Отдельные ее представители (кипрей узколистный, горлоуха даурская и пастернак лесной в качестве доминирующих видов на залежах 25–30-летнего возраста) могут выступать в виде растений–блокираторов, сдерживающих формирование терминальных фитоценозов [9].

На начальном этапе восстановления естественной растительности, в отсутствие механического воздействия, наблюдалось уплотнение бывшего пахотного слоя (рис. 1). Величина показателя плотности в слое 0–20 см на залежах 4-х и 10–15 лет, отличающихся формированием разнотравной ассоциации, характерной для луговой стадии сукцессии достигала 1,29 г/см³, относительно пашни (1,20 г/см³). По–видимому, это связано с пахотным прошлым почвы, которое до сих пор несет отпечаток довольно продолжительной интенсивной сельскохозяйственной обработки почв, на что указывает присутствие плужной подошвы. И только со временем, начиная с 15–18-летнего возраста, намечалась тенденция постепенного снижения плотности сложения верхнего слоя залежи. В почве леса величина данного показателя составила 0,99 г/см³ и оказалась довольно близкой к оптимальному значению плотности, характерной для суглинистых почв [3]. Как показано в ряде работ [18, 36], сравнительно низкая плотность верхнего горизонта лесных почв обусловлена концентрацией значительного количества живых и мертвых корней, их разрушающего действия и содержания органического вещества.

В процессе самовосстановления пахотных почв изменения актуальной и потенциальной кислотности были незначительными (см. рис.1). Лишь на залежи 4-х-летнего возраста отмечалось значимое повышение pH, относительно пашни, что может быть связано с заменой монокультуры на естественную растительность, а следовательно, разным составом поступающих в почву растительных остатков.

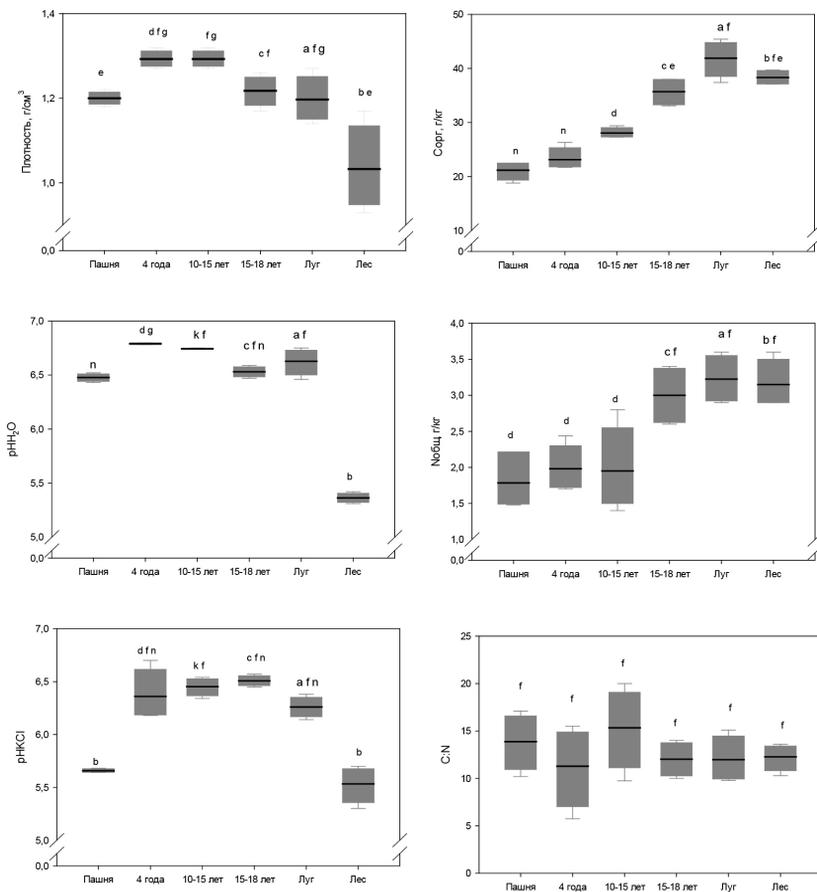


Рис. 1. Изменение величин плотности сложения, pH_{KCl} и pH_{H_2O} , Сорг., Нобщ. и соотношения C:N в процессе постагрогенного развития серых лесных почв. Разными буквами отмечены выборки данных, имеющие статистически значимые различия при $p \leq 0.05$, одинаковыми – те, для которых такие различия не обнаружены.

Тем не менее, величина pH водной вытяжки как на пашне, так и на всех залежах, независимо от их возраста, варьировала в пределах градации «слабо кислые» [13], а величина pH солевой вытяжки – «близкие к нейтральной» [20]. Отсутствие значительных различий в кислотности в ходе развития сукцессии могло быть связано с продолжительным после-

действием окультуривания почв. Также известно, что накопление зольных элементов в луговой растительности может способствовать нейтрализации органических кислот [38]. Заметно более кислая среда почвенного раствора (до 5,4 и 5,5 ед. рН, соответственно водной и солевой вытяжки) наблюдалось лишь в почве лесного ценоза, как результат подкисляющего действия разлагающегося растительного опада, преимущественно хвойных пород, и формирования лесной подстилки. Изменения кислотно–основных свойств в ходе зарастания пашни лесом, причем на примере исследований, проведенных в разных природно–климатических зонах, отмечались и другими авторами [12, 37].

По мере зарастания пашни наблюдалось увеличение содержания $C_{\text{орг}}$ в слое 0–20 см. Однако, если в первые четыре года на стадии молодой залежи увеличение углерода в почве было еще не значимо, то в дальнейшем изменения содержания углерода демонстрировали четкий тренд. Так, в почве 15–18-летней залежи, содержание углерода возрастало почти в 2 раза, относительно пашни. В ходе развития естественной растительности (по направлению к лугу и лесу) содержание углерода постепенно увеличивалось, вследствие формирования высокопродуктивного травостоя, участвующего в образовании дернины и полноценной лесной подстилки (см. рис.1.). Увеличивались и запасы углерода, которые достигали на заключительных для наших исследований стадиях сукцессии величин, по абсолютным значениям превышающих пахотный вариант (45,5 т/га) практически в 2 раза. Подобная картина накопления углерода в бывшем пахотном слое является закономерным этапом развития залежных почв по мере увеличения поступления свежего органического материала в виде растительного и корневого опада при отсутствии отчуждения биомассы в виде урожая [24, 25, 28, 32, 23, 36, 6, 31].

Содержание общего азота в верхнем горизонте почв исследуемого ряда залежей заметно варьировало в пределах 0,16–0,33%, что, связано, по–видимому, с различиями видового состава растительных ассоциаций, отличающихся биомассой и химическим составом растений (надземных органов и корней), органическое вещество которых в ходе непрерывной трансформации обеспечивает поступление биогенных элементов в почву, включая азот. Высоким его содержанием, как и в случае с $C_{\text{орг}}$, отличалась 15–18-летняя залежь, характеризующаяся разнообразием видового состава растительности со значительной биомассой, а также почвы естественных ценозов. Тем не менее, значимых различий в соотношении C:N между пахотной и залежными почвами не отмечалось. Обогащенность органиче-

ского вещества азотом (С:N) в исследуемом ряду почв в целом, оставалась «низкой», что предполагает невысокую степень разложения органического вещества данных почв.

Различия в количестве и качестве поступающих органических остатков в почвы в результате смены растительности в ходе сукцессионных изменений не могли не оказать влияния на их гумусное состояние, оцениваемое согласно классификации [13]. Спустя четыре года пребывания почвы в залежном состоянии отмечалось некоторое повышение содержания гумуса, которое, тем не менее, оставалось в пределах уровня «низкое», характерного для пахотной почвы (табл. 2). Наряду с этим наблюдались изменения и в качественном составе гумуса, характеризующиеся возрастанием суммарного содержания фульвокислот (ФК) при одновременном уменьшении гуминовых кислот (ГК) и гумина (ГМ). Можно предположить, что это связано с изменением характера растительности на начальном этапе формирования залежи, поставляющей более кислые продукты разложения по сравнению с монокультурой. При этом, тип гумуса оставался фульватно–гуматным, а степень гумификации («высокой»), как и в пахотной почве.

Спустя 10–15 лет нахождения почвы в залежном режиме при активном формировании травянистой растительности отмечалось заметное повышение содержания гумуса до уровня «ниже среднего», что сопоставимо с состоянием органического вещества почвы естественного кострцево–пырейно–разнотравного луга. Подобная особенность луговой растительности обеспечивать благоприятные условия для поступления в почву большого количества легкогумифицируемых растительных остатков и дальнейшего их участия в преобразовании и накоплении гумуса, хорошо известна в литературе [34, 5, 16]. В почве данной луговой залежи, как и естественного луга, содержание ГМ, включающего в себя как специфические гумусовые вещества и не полностью гумифицированные вещества, так и свежие органические остатки, было более чем в 1,5 раза выше, по сравнению с пашней и молодой (4 года) залежью. Содержание как ГК, так и ФК было сравнительно меньше, тем не менее, гуминовые кислоты преобладали над фульвокислотами в составе гумуса. Соответственно, тип гумуса данной залежи сохранялся в рамках фульватно–гуматного, тогда как почве луга был гуматный. Степень гумификации «средняя» и «высокая», соответственно этим почвам.

К 15–18 годам по мере изменения флористического состава травостоя и появления древесной растительности содержание гумуса повышалось до 6,15%, достигая более высокого уровня «среднее». Наряду с этим от-

мечались изменения и в качественном составе гумуса, связанные с относительно большим накоплением доли ГК, по сравнению с предыдущей залежью. В результате показатель Сгк:Сфк увеличивался до 1,40, но не вышел за пределы фульватно–гуматного типа гумуса. Степень гумификации оставалась «высокой».

Таблица 2.

Некоторые показатели гумусного состояния почв (n=3)

Реперный участок	C _{орг} %	% от C _{орг}			Сгк:Сфк
		Сгк	Сфк	Сгм	
Пашня > 100 лет	2,12	39	28	33	1,41
Залежь, 4 года	2,31	35	30	35	1,17
Залежь, 10-15 лет	2,81	27	21	52	1,29
Залежь, 15-18 лет	3,57	37	26	37	1,40
Луг, 50-70 лет	3,85	33	18	49	1,79
Лес, 90-110 лет	3,83	36	33	31	1,10

Почва лесного ценоза характеризовалась сравнительно высокой гумусированностью (6,60%; уровень «средний»). Это и неудивительно, учитывая особенности характера биологического круговорота в лесных почвах, складывающегося из поступления большего количества как надземной, так и подземной фитомассы, включая тонкие корни деревьев, а также продуктов разложения лесной подстилки [26, 4, 17]. Замещение луговой растительности на лесную неизбежно оказало влияние на изменение условий гумификации, определяющих формирование определенного качественного состава гумуса. Так, лесная почва отличалась по составу гумуса сравнительно большим содержанием углерода в ГК, но, особенно, в ФК, что может быть связано, прежде всего, с кислой природой опада. В результате чего величина показателя Сгк:Сфк составила 1,10. Согласно использованной градации, тип гумуса оставался в рамках фульватно–гуматного, а степень гумификации «высокой».

Выявленные особенности формирования качественного состава гумуса в результате смены растительности в ходе сукцессионных изменений отмечались нами ранее на примере небольшого ряда залежных почв [6]. В рамках настоящего исследования, проведенного на расширенном ряду разновозрастных залежей, также наблюдалось повышение содержания гумуса. По сравнению с пахотным вариантом, его содержание в слое 0–20 см на залежи 10-15 лет увеличивалось в 1,3 раза, а на 15–18-летней залежи в

1,7 раз, постепенно приближаясь к значениям величин гумуса, характерным для почв естественных ценозов. Изменения его качественного состава были менее значительны. На всех стадиях восстановления залежей сохранялось преобладание в составе гумуса доли гуминовых кислот, которые, как известно, играют существенную роль в поддержании потенциальной устойчивости органического вещества почв.

Заключение

После выведения серых лесных почв из сельскохозяйственного использования наблюдалось постепенное восстановление естественной растительности, характерной для лесостепной зоны исследуемого региона. При этом в изученном ряду разновозрастных залежей имело место длительное сохранение в составе растительности ряда рудеральных видов, характерных для ранних стадий развития залежей, которые сдерживают формирование терминальных фитоценозов.

Смена растительных сообществ в ряду исследуемых залежей оказало существенное влияние на некоторые физико-химические свойства верхней части бывшего пахотного слоя почв (0–20 см). Так, заметное уплотнение отмечалось спустя 15–18 лет нахождения почвы в состоянии залежи, достигая оптимальной величины в почвах естественных ценозов (луг и лес).

По мере увеличения поступления свежего органического материала в виде растительного и корневого опада, в ходе восстановления естественной растительности, наблюдалось значительное повышение содержания органического углерода. Запасы углерода на более поздних стадиях постагрогенной сукцессии в 1,5 раза превосходили запасы Сорг в пахотной почве.

Несмотря на возрастание содержания гумуса в исследуемом ряду почв (пашня–разновозрастные залежи–естественные ценозы), тип гумуса оставался фульватно–гуматным, а степень гумификации «средняя» и «высокая», что свидетельствует о стабильном функционировании системы гумусовых веществ в серых лесных почвах лесостепной зоны Прибайкалья в ходе их постагрогенного развития.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о спонсорстве. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20–416–380004 p_a.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 655 с.
2. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2004. 90 с.
3. Бондарев А.Г. Физические свойства почв как теоретическая основа прогноза их уплотнения сельскохозяйственной техникой // Влияние сельскохозяйственной техники на почву: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, М., 1981. С. 3–9.
4. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. / Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Т. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
5. Завьялова Н.Е. Гумус и азот дерново-подзолистой почвы различных сельскохозяйственных угодий Пермского края // Почвоведение. 2016. № 11. С. 1347–1354.
6. Зорина С.Ю., Соколова Л.Г., Дорофеев Н.В., Казановский С.Г. Гумусное состояние разновозрастных залежей лесостепной зоны Прибайкалья // Вестник ИРГСХА. 2020. Вып. 96. С.16 – 24.
7. Изменение растительного покрова и биологических свойств черноземов в постагрогенный период / Азаренко М.А. (Мясникова), Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И. // Почвоведение. 2020. № 11. С. 1412–1422. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039>
8. Ипатов В.С., Мирин Д.М. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. Учебно-методическое пособие. СПб. 2008. 71 с.
9. Казановский С.Г., Дорофеев Н.В., Зорина С.Ю., Соколова Л.Г. Растительность залежей разного возраста в лесостепной зоне Прибайкалья // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2022. Т. 21. С. 54–58. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2022054>
10. Колесниченко В.Т. Озимая пшеница Заларинка в Иркутской области (результаты полевых опытов). М.: Промэкобезопасность, 2003. 306 с.
11. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мостовая А.С., Овсепян Л.А., Телеснина В.М., Личко В.И., Баева Ю.И. Влияние процессов естественного лесовосстановления на микробиологическую активность пост-агрогенных почв Европейской части России // Лесоведение. 2018. № 1. С. 3–23. <https://doi.org/10.7868/S0024114818010011>
12. Литвинович А.В., Плылова И.А. Изменение кислотно-основных свойств дерново-подзолистой суглинистой почвы в процессе постагрогенной эволюции // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования СПб., 2009. С. 160–164.

13. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
14. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.
15. Почвенная карта Иркутской области масштаба 1:1500 000 / под ред. В.Т. Колесниченко, К.А. Уфимцевой. М.: ГУГК СССР, 1988. 2 л.
16. Телеснина В.М. Динамика свойств почв во взаимосвязи с растительностью при естественном постагрогенном зарастании сенокосов (Костромская область) // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2021. № 2. С.18–28.
17. Телеснина В.М. Постагрогенная динамика растительности и свойств почвы в ходе демулационной сукцессии в южной тайге // Лесоведение. 2015. № 4. С. 293–306.
18. Телеснина В.М., Ваганов И.Е., Карлсен А.А., Иванова А.Е., Жуков М.А., Лебедев С.М. Особенности морфологии и химических свойств постагрогенных почв Южной тайги на легких отложениях (Костромская область) // Почвоведение. 2016. № 1. С. 115–129. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16010111>
19. Флора Сибири. Новосибирск: Наука, 1987–1997. Т. 1–14.
20. Химический анализ почв. Учеб. пособие / Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1995. 264 с.
21. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
22. Ярошенко П.Д. Геоботаника: (Основные понятия, направления и методы). М.: Просвещение, 1961. 200 с.
23. Artemyeva Z., Žigová A., Št'astný M., Kirillova N. Dynamics of organic matter in soils following a change in land use on Permo–Carboniferous rocks in the Cesky Brod area (Czech Republic) // Acta Geodyn. Geomater., 2018, vol. 15, no. 4 (192), pp. 339–348. <https://doi.org/10.13168/AGG.2018.0025>
24. Collins H.P., Elliot E.T., Paustian K., Bundy L.G., Dick W.A., Huggins D.R., Smucker A.J.M., Paul E.A. Soil carbon pools and fluxes in long-term corn belt agroecosystems // Soil Biol. Biochem., 2000, vol. 32, no. 2, pp. 157–168.
25. Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stock and land use change a meta analysis // Global Change Biol., 2002, vol. 8(4), pp. 345–360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
26. Guo L. B., Bek E., Gifford R. M. Woody debris in a 16-year old *Pinus radiata* plantation in Australia: Mass, carbon and nitrogen stocks, and turnover // Forest Ecology and Management, 2006, vol. 228 (1–3), pp. 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.02.043>

27. IUSS Working Group WRB: World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. World Soil Resources Reports 106. Rome: FAO, 2015.
28. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics // *Geoderma*, 2009, vol. 152, pp. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
29. Kurganova I.N., Lopez de Guérenu V.O. Assessment and prediction of changes in the reserves of organic carbon in abandoned soils of European Russia in 1990–2020 // *Eurasian Soil Science*, 2008, T. 4, no.13, pp. 1371–1377. <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
30. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérenu V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. The dynamics of carbon pools and biological activity of retic albic podzols in southern taiga during the post-agrogenic evolution // *Eurasian Soil Science*, 2021, vol. 54, no. 3, pp. 337–351. <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>
31. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérenu V.O., Lichko V.I., L.A. Ovsepyan Changes in carbon stocks, microbial and enzymatic activity of agro-soddy-podzols of the southern taiga during post-agrogenic evolution // *Eurasian Soil Science*, 2022, vol. 55, no. 7, pp. 895–910. <https://doi.org/10.1134/S1064229322070079>
32. Novara A., Gristina L., Sala G., Galati A., Crescimanno M., Cerda A., Badaamenti E., La Mantia T. Agricultural land abandonment in Mediterranean environment provides ecosystem services via soil carbon sequestration // *Science of The Total Environment*, 2017, vol. 576, pp. 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.123>
33. Ovsepyan L., Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Kuzyakov Ya. Recovery of organic matter and microbial biomass after abandonment of degraded agricultural soils: the influence of climate // *Land Degr. Dev.*, 2019, vol. 30, pp. 1861–1874. <https://doi.org/10.1002/ldr.3387>
34. Paul E.A. Dynamics of organic matter in soils // *Plant and Soil*, 1984, vol. 76, pp. 275–285.
35. Poulton P.R., Pye E., Hargreaves P.R., Jankinson D.S. Accumulation of carbon and nitrogen by old arable land reverting to woodland // *Global Change Biol.*, 2003, vol. 9 (6), pp. 942–955. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00633.x>
36. Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamic of soil properties and carbon stock structure in postagrogenic ecosystems of southern taiga during natural reforestation // *Eurasian Soil Science*, 2020, vol. 53, no. 2, pp. 240–252. <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>

37. Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Ermolaev A.M., Mirin D.M. Dynamics of soil properties and plant composition during postagrogenic evolution in different bioclimatic zones // *Eurasian Soil Science*, 2017, vol. 50, no. 1, pp. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
38. Telesnina V.M., Zhukov M.A. The influence of agricultural land use on the dynamics of biological cycling and soil properties in the course of postagrogenic succession (Kostroma oblast) // *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 9, pp. 1122–1136. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070135>
39. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // *Forest ecology and Management*, 2002, vol. 169 (1–2), pp. 137–147.
40. Zorina S.Yu., Sokolova L.G., Dorofeev N.V., Kazanovsky S.G. and Belousova E.N. Transformation of organic matter of Cisbaikal forest-steppe abandoned lands // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society (CDSSS 2021)*, Russian Federation. 2021, vol. 862, pp. 012115. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012115>

References

1. *Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv* [Agrochemical research methods of soil]. M.: Nauka, 1975, 655 p.
2. *Atlas. Irkutskaya oblast': ekologicheskie usloviya razvitiya* [Atlas. Irkutsk Oblast: Ecological Conditions of Development]. Moscow–Irkutsk: Publishing House of IG SB RAS Ministry of Transport of the Russian Federation. Federal agency of geodesy and cartography, 2004, 90 p.
3. Bondarev A.G. Fizicheskie svoystva pochv kak teoreticheskaya osnova prognoza ih uplotneniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Physical properties of soils as a theoretical basis for predicting their compaction by agricultural machinery]. *Vliyaniye sel'skokhozyaystvennoy tekhniki na pochvu: Nauch. tr. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva* [Influence of agricultural machinery on the soil]. M., 1981, pp. 3–9.
4. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.T. *Dinamika sel'skohozyajstvennyh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vostanovlenie rastitel'nosti i pochv* [Dynamics of agricultural lands of Russia in XX century and postagrogenic restoration of vegetation and soils]. M.: GEOS, 2010, 416 p.
5. Zav'yalova N.E. Gumus i azot derno–podzolistoj pochvy razlichnyh sel'skohozyajstvennyh ugodij Permskogo kraya [Humus and nitrogen in soddy-podzolic

- soils of different agricultural lands in Perm region]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2016, no. 11, pp. 1347–1354.
6. Zorina S.YU., Sokolova L.G., Dorofeev N.V., Kazanovskij S.G. Gumusnoe sostoyanie raznovozrastnyh zalezhej lesostepnoj zony Pribajkal'ya [A humus status of abandoned lands of different ages in the Baikal forest-steppe zone]. *Vestnik IrGSKHA*, 2020, no. 96, pp.16–24.
 7. Azarenko M.A. (Myasnikova), Kazeev K.Sh., Yermolayeva O.Yu., Kolesnikov S.I. Izmenenie rastitel'nogo pokrova i biologicheskikh svojstv chernozemov v postagrogennyj period [Change of vegetation cover and biological properties of chernozems in the postagrogenic period]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2020, no. 11, pp. 1412–1422. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039>
 8. Ipatov V.S., Mirin D.M. *Opisanie fitocenoza: Metodicheskie rekomendacii. Uchebno-metodicheskoe posobie* [Description of Phytocenoses: Methodological Recommendations]. St. Petersburg: St. Petersburg State University Press, 2008, 71 p.
 9. Kazanovskij S.G., Dorofeev N.V., Zorina S.Yu., Sokolova L.G. Rastitel'nost' zalezhej raznogo vozrasta v lesostepnoj zone Pribajkal'ya [Vegetation of different ages fallows in the forest-steppe zone Cisbaikal region]. *Problemy botaniki Yuzhnoj Sibiri i Mongolii* [Problems of botany of south Siberica and Mongolia], 2022, vol. 21, pp. 54–58. <https://doi.org/10.14258/pbssm.2022054>
 10. Kolesnichenko V.T. *Ozimaya pshenica Zalarinka v Irkutskoj oblasti (rezul'taty polevyh opytov)* [Winter wheat “zalarinka” in the Irkutsk region (results of field experiments)]. M.: Promecosafety, 2003, 306 p.
 11. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Mostovaya A.S., Ovsepyan L.A., Telesnina V.M., Lichko V.I., Baeva Yu.I. Vliyanie processov estestvennogo lesovosstanovleniya na mikrobiologicheskuyu aktivnost' post-agrogennyh pochv Evropejskoj chasti Rossii [Effect of reforestation on microbiological activity of postagrogenetic soils in European Russia]. *Lesovedenie* [Contemporary Problems of Ecology], 2018, no. 1, pp. 3–23. <https://doi.org/10.7868/S0024114818010011>
 12. Litvinovich A.V., Plylova I.A. Izmenenie kislotno-osnovnyh svojstv dernovo-podzolistoj suglinistoj pochvy v processe postagrogennoj evolyucii [Changes in acid–base properties of sod–podzolic loamy soil in the process of postagrogenic evolution]. *Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyah reformirovaniya* [Scientific support for the development of the agro-industrial complex in the context of reform], SPb., 2009, pp. 160–164.
 13. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostoyaniya pochv i ih geneticheskikh gorizontov [Revised system of the

- humus status parameters of soils and their genetic horizons]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2004, no. 8, pp. 918–926.
14. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Metodika i nekotorye rezul'taty frakcionirovaniya gumusa chernozemov [Metodika and some results of fractionation of humus chernozems]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 1968, no. 11, pp. 104–117.
 15. *Pochvennaya karta Irkutskoj oblasti masshtaba 1:1500 000* [Soil map of the Irkutsk region; 1:1500 000]. V.T. Kolesnichenko, K.A. Ufimcevoj (editors). M.: GUGK USSR, 1988, 2 p.
 16. Telesnina V.M. Dinamika svojstv pochv vo vzaimosvyazi s rastitel'nost'yu pri estestvennom postagrogennom zarastanii senokosov (Kostromskaya oblast') [Soil features dynamic in connection with vegetation due to natural post-agrogenic hayfields overgrowing (Kostroma region)]. *Vestn. Mosk. Un-ta.* [Moscow University Soil Science Bulletin], Ser. 17, Soil Science, 2021, no. 2, pp. 18–28.
 17. Telesnina V.M. Postagrogennaya dinamika rastitelnosti i svojstv pochvy v khode demutatsionnoy suksessii v yuzhnoy tayge [Postagrogenic dynamics of vegetation and soil properties during demutational succession in south taiga]. *Lesovedeniye* [Contemporary Problems of Ecology], 2015, no. 4, pp. 293–306.
 18. Telesnina V.M., Vaganov I.E., Karlsen A.A., Ivanova A.E., Zhukov M.A., Lebedev S.M. Osobennosti morfologii i himicheskikh svojstv postagrogennykh pochv Yuzhnoj tajgi na legkikh otlozheniyah (Kostromskaya oblast') [Specific features of the morphology and chemical properties of coarse-textured postagrogenic soils of the southern taiga, Kostroma oblast]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2016, no. 1, pp. 115–129. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16010111>
 19. *Flora Sibiri* [Flora Sibiriae]. Novosibirsk: Nauka, 1987–1997, vol. 1–14.
 20. *Himicheskij analiz pochv. Ucheb. posobie* [Chemical analysis of soils. Study guide] / O.G. Rastvorova, D.P. Andreev, E.I. Gagarina, G.A. Kasatkina, N.N. Fedorova (editors). St. Petersburg: St. Petersburg State University Press, 1995, 264 p.
 21. Shennikov A.P. *Vvedenie v geobotaniku* [Introduction to Geobotany]. L.: Publishing house LGU, 1964, 447 p.
 22. Yaroshenko P.D. *Geobotanika: (Osnovnye ponyatiya, napravleniya i metody)* [Geobotany: (Basic concepts, directions and methods)]. M.: Publishing house Enlightenment, 1961, 200 p.
 23. Artemyeva Z., Žigová A., Št'astný M., Kirillova N. Dynamics of organic matter in soils following a change in landuse on Permo–Carboniferous rocks in the Cesky Brod area (Czech Republic). *Acta Geodyn. Geomater.*, 2018, vol. 15, no. 4 (192), pp. 339–348. <https://doi.org/10.13168/AGG.2018.0025>

24. Collins H.P., Elliot E.T., Paustian K., Bundy L.G., Dick W.A., Huggins D.R., Smucker A.J.M., Paul E.A. Soil carbon pools and fluxes in long-term corn belt agroecosystems // *Soil Biol. Biochem.*, 2000, vol. 32, no. 2, pp. 157–168.
25. Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stock and land use change a meta analysis. *Global Change Biol.*, 2002, vol. 8(4), pp. 345–360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
26. Guo L. B., Bek E., Gifford R. M. Woody debris in a 16-year old *Pinus radiata* plantation in Australia: Mass, carbon and nitrogen stocks, and turnover. *Forest Ecology and Management*, 2006, vol. 228 (1–3), pp. 145–151. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.02.043>
27. *IUSS Working Group WRB: World Reference Base for Soil Resources* 2014, Update 2015. World Soil Resources Reports 106. Rome: FAO, 2015.
28. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics. *Geoderma*, 2009, vol. 152, pp. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
29. Kurganova I.N., Lopez de Guérenu V.O. Assessment and prediction of changes in the reserves of organic carbon in abandoned soils of European Russia in 1990–2020. *Eurasian Soil Science*, 2008, vol. 4, no.13, pp. 1371–1377. <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
30. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérenu V.O., Lichko V.I., Karavano E.I. The dynamics of carbon pools and biological activity of retic albic podzols in southern taiga during the post-agrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*, 2021, vol. 54, no. 3, pp. 337–351. <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>
31. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Guérenu V.O., Lichko V.I., L.A. Ovsepyan Changes in carbon stocks, microbial and enzymatic activity of agrosoddy-podzols of the southern taiga during post-agrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*, 2022, vol. 55, no. 7, pp. 895–910. <https://doi.org/10.1134/S1064229322070079>
32. Novara A., Gristina L., Sala G., Galati A., Crescimanno M., Cerda A., Badaamenti E., La Mantia T. Agricultural land abandonment in Mediterranean environment provides ecosystem services via soil carbon sequestration. *Science of The Total Environment*, 2017, vol. 576, pp. 420–429. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.123>
33. Ovsepyan L., Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Kuzyakov Ya. Recovery of organic matter and microbial biomass after abandonment of degraded agricultural soils: the influence of climate. *Land Degr. Dev.*, 2019, vol. 30, pp. 1861–1874. <https://doi.org/10.1002/ldr.3387>

34. Paul E.A. Dynamics of organic matter in soils. *Plant and Soil*, 1984, vol. 76, pp. 275–285.
35. Poulton P.R., Pye E., Hargreaves P.R., Jankinson D.S. Accumulation of carbon and nitrogen by old arable land reverting to woodland. *Global Change Biol.*, 2003, vol. 9 (6), pp. 942–955. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00633.x>
36. Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamic of soil properties and carbon stock structure in postagrogenic ecosystems of southern taiga during natural reforestation. *Eurasian Soil Science*, 2020, vol. 53, no. 2, pp. 240–252. <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>
37. Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Ermolaev A.M., Mirin D.M. Dynamics of soil properties and plant composition during postagrogenic evolution in different bioclimatic zones. *Eurasian Soil Science*, 2017, vol. 50, no. 1, pp. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
38. Telesnina V.M., Zhukov M.A. The influence of agricultural land use on the dynamics of biological cycling and soil properties in the course of postagrogenic succession (Kostroma oblast). *Eurasian Soil Science*, 2019, vol. 52, no. 9, pp. 1122–1136. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070135>
39. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest ecology and Management*, 2002, vol. 169 (1–2), pp. 137–147.
40. Zorina S.Yu., Sokolova L.G., Dorofeev N.V., Kazanovsky S.G. and Belousova E.N. Transformation of organic matter of Cisbaikal forest-steppe abandoned lands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society (CDSSS 2021)*, Russian Federation. 2021, vol. 862, pp. 012115. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012115>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Зорина Светлана Юрьевна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физиолого-биохимической адаптации растений
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
zorina@sifibr.irk.ru

Соколова Лада Георгиевна, к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории физиолого-биохимической адаптации растений

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
sokolova.lada@sifibr.irk.ru*

Казановский Сергей Григорьевич, к.б.н., доцент, старший научный сотрудник отдела Биоразнообразие и биологические ресурсы
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
kazan@sifibr.irk.ru*

Дорофеев Николай Владимирович, к.б.н., зам. директора по прикладной и инновационной работе СИФИБР СО РАН, заведующий лабораторией физиолого-биохимической адаптации растений
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук
ул. Лермонтова, 132, г. Иркутск, 664033, Российская Федерация
nikolay.v.dorofeev@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Svetlana Yu. Zorina, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Physiological and Biochemical Adaptation of Plants
*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
zorina@sifibr.irk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7587-981X>
ResearcherID: J-4411-2018
Scopus Author ID: 6701562960*

Lada G. Sokolova, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Laboratory of Physiological and Biochemical Adaptation of Plants
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
sokolova.lada@sifibr.irk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5178-1404>
ResearcherID: J-3446-2018
Scopus Author ID: 55770688800

Sergey G. Kazanovsky, Cand. Sc. (Biology), Senior Researcher of the Department of Biodiversity and Biological Resources
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
kazan@sifibr.irk.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4453-0006>
ResearcherID: J-8016-2018
Scopus Author ID: 57193074859

Nikolai V. Dorofeev, Cand. Sc. (Biology), Deputy Director for Applied and Innovative Work of SIPPB SB RAS, Head of the Laboratory of Physiological and Biochemical Adaptation of Plants
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
132, Lermontov Str., Irkutsk, 664033, Russian Federation
nikolay.v.dorofeev@gmail.com
SPIN-code: 5727-2339
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0005-0134>
ResearcherID: J-3427-2018
Scopus Author ID: 6603839198

Поступила 18.03.2023

После рецензирования 05.04.2023

Принята 10.04.2023

Received 18.03.2023

Revised 04.04.2023

Accepted 10.04.2023