

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 4 (48). С. 20–29
Vestnik Kurganskoj GSNA. 2023; (4-48): 20–29

Научная статья

УДК 631.42(470.54/.56+.58)

Код ВАК 4.1.3

EDN: WGSJZG

ВЛИЯНИЕ ВИДА И ВОЗРАСТА ЗАЛЕЖИ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПОДТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ

Алексей Владимирович Сахаров^{1✉}, Диана Васильевна Ерёмкина²

^{1,2} Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹ sakharoff.leha@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0007-2666-6934>

² ereminadv@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3595-8289>

Аннотация. Цель исследования – изучение влияния разновозрастной залежи и вида сукцессии на гумусовое состояние серой лесной почвы в условиях Северного Зауралья. Отбор почвенных образцов проводили в 2021 г. на собственно серой лесной почве подтаежной зоны Зауралья под различными доминирующими сукцессиями в 6-кратной повторности на глубине: 0-20, 20-30, 30-60 см. Анализ содержания органического углерода в образцах почвы проводили по ГОСТ 26213-91 с последующим пересчетом на коэффициент 1,724. Определение запасов проводили расчетным методом. В ходе исследования установлено, что за 15-летний период нахождения в качестве залежи под травянистой растительностью отмечается значительное улучшение гумусного состояния. Содержание гумуса в горизонте А1 увеличилось с 3,3 до 4,1 % соответственно. Отмечается снижение процессов вымывания органического вещества в нижележащие горизонты А1А2 и В. С увеличением возраста сохраняется положительная тенденция на протяжении всего почвенного профиля. При зарастании бывшего пахотного угодья хвойными деревьями в первые 15 лет, как и на варианте с травянистой растительностью, отмечается улучшение. С увеличением возраста залежи наблюдается ухудшение показателей практически до значений пахотного участка. Наибольшее влияние оказывает совокупность факторов: вид угодья и возраст – 44 %. Наиболее благоприятное влияние на содержание и запасы гумуса в постагрогенной серой лесной почве проявляется на залежи с преобладанием травянистой растительности. С увеличением срока нахождения в качестве залежи сохраняется положительная тенденция накопления почвенного органического вещества. Однако с зарастанием бывшего пахотного угодья хвойной растительностью увеличение содержания и запасов гумуса наблюдается лишь в первые 15 лет, в последующем происходит ухудшение показателей до значений пахотного участка.

Ключевые слова: серая лесная почва, гумус, дисперсионный анализ, залежь травянистая, залежь хвойная, антропогенный фактор, содержание гумуса, запасы гумуса.

Для цитирования: Сахаров А.В., Ерёмкина Д.В. Влияние вида и возраста залежи на гумусное состояние серой лесной почвы подтаежной зоны Зауралья // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 4 (48). С. 20–29. EDN: WGSJZG.

Scientific article

INFLUENCE OF THE VIRGIN LAND TYPE AND AGE ON THE HUMUS STATE OF THE GRAY FOREST SOIL OF THE TRANS-URALS SUBTAIGA ZONE

Alexey V. Sakharov^{1✉}, Diana V. Eremina²

^{1,2} Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

¹ sakharoff.leha@yandex.ru[✉], <https://orcid.org/0009-0007-2666-6934>

² ereminadv@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3595-8289>

Abstract. The purpose of the research is to study the influence of a heterochronous virgin land and the type of succession on the humus state of gray forest soil in the conditions of the Northern Trans-Urals. The selection of soil samples was carried out in 2021 on the actual gray forest soil of the Trans-Urals subtaiga zone under various dominant successions in 6-fold repetition at a depth of 0-20, 20-30, 30-60 cm. The analysis of the organic carbon content in the soil samples was carried out according to GOST 26213-91, followed by its recalculation by the coefficient of 1.724. The reserves were determined by the calculation method. During the study, it was found that over the 15-year period of being a virgin land under grassy vegetation, there has been a significant improvement in the humus state. The humus content in horizon A1 increased from 3.3% to 4.1%. There is a decrease in the processes of organic matter washing out into the underlying horizons A1A2 and B. With increasing age, a positive trend is sustained throughout the entire soil profile. When the former arable land is overgrown with coniferous trees, in the first 15 years, as in the variant with the grassland vegetation, an improvement is noted. With an increase in the virgin land age, the indicators deteriorate almost to the values of the arable land. The greatest influence, 44%, is exerted by a combination of factors: the type of land and the age. The most favorable effect on the humus content and reserves in postagrogenic gray forest soil is manifested in virgin lands with a predominance of grassland vegetation. With an increase in the period of being disused, a positive trend of soil organic matter accumulation is sustained. However, with the overgrowth of the former arable land with coniferous vegetation, an increase in the humus content and reserves is observed only in the

first 15 years, subsequently, the indicators deteriorate to the values of the arable land.

Keywords: gray forest soil, humus, dispersion analysis, virgin grassland, virgin coniferous forest, anthropogenic factor, humus content, humus reserves.

For citation: Sakharov A.V., Eremina D.V. Influence of the virgin land type and age on the humus state of the gray forest soil of the Trans-Urals subtaiga zone. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2023; (4-48): 20–29. EDN: WGSJZG. (In Russ).

Введение. Современное производство и сельскохозяйственное использование земли приводят к ее сильному антропогенному воздействию. Особенно уязвимы плодородные почвы, которые обладают оптимальными условиями для выращивания культурных растений [1].

Причиной повышения антропогенного воздействия на почвы сельскохозяйственного сектора мира является ежегодно возрастающее население планеты, которое необходимо обеспечивать продовольствием [2]. Для этого постоянно ведется поиск возможностей увеличить продуктивность пашни. Стратегия повышения урожайности выражается в использовании современных сортов сельскохозяйственных культур, оптимизации структуры посевных площадей и внедрении в производство новых культур. Несмотря на разные подходы все они имеют общую особенность – для них нужна интенсивная система земледелия, которая предусматривает активное использование высоких доз минеральных удобрений, пестицидов, а также дополнительных элементов механической обработки почвы [3]. Учитывая историческое развитие сельского хозяйства в России, следует признать, что антропогенная нагрузка на черноземы и темно-серые лесные почвы за последние 100 лет на порядок возросла. Это привело к изменению основных показателей плодородия, которые коррелируют с продуктивностью пашни [4].

Для снижения антропогенной нагрузки на почву необходимо увеличение площади пахотных угодий. Это обеспечивает возможность перевода наиболее деградированных участков в залежное состояние для естественного восстановления плодородия [5]. Такие ученые, как А. М. Булышева, О. А. Сорокина, Е. А. Козленко, считают залежь оптимальным способом комплексного восстановления почвообразовательного процесса и установление его равновесного состояния [6].

Согласно Государственному (национальному) докладу о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году, на территории Уральского федерального округа площадь залежных земель насчитывается порядка 1,052 млн га. [7]. Однако реальные цифры могут отличаться от официальной статистики, так как неиспользуемые пахотные угодья могут являться бросовыми, но продолжают числиться в реестре как пашня.

В настоящее время на территории России проводится активная государственная политика, направленная на введение в сельскохозяйственный оборот залежных земель. Несмотря на это, анализ динамики площади залежных земель с 2017 по 2020 г. в одном только Уральском федеральном округе показал рост площади данных угодий на 7,1 %.

При достижении критических значений плодородия в результате высокой антропогенной нагрузки на пахотные угодья появляется необходимость в восстановлении почвы. Наиболее малозатратным способом, а также комплексным является перевод пашни в залежное состояние [8]. Ученые отмечают положительную тенденцию восстановления показателей плодородия постагрогенной серой лесной почвы в результате зарастания ее травянистой растительностью [9–10].

Однако долгое нахождение почвы в данном статусе в подтаежной и лесостепной зонах может привести к зарастанию ее хвойной или древесной растительностью. Особенно это актуально для подтайги, где даже наличие хорошо развитой дернины не дает гарантии появления на залежи молодняка деревьев [11]. С зарастанием залежи деревьями структура растительного покрова меняется, что неминуемо сказывается на направлении почвообразовательного процесса и, как следствие, на свойствах почвы [12].

В Западной Сибири наиболее плодородные почвы были введены в сельскохозяйственный оборот во второй половине XX века. Вследствие этого наиболее перспективными для использования в сельскохозяйственном секторе (в настоящее время) являются серые лесные почвы. Основные площади находятся в лесостепной и подтаежной зоне страны [13]. Однако данные почвы не обладают большим запасом гумуса и имеют низкую буферную способность. Это делает их наиболее чувствительными к антропогенным изменениям в отличие от черноземных почв. Введение их в сельскохозяйственные угодья неизбежно влечет за собой к изменению качественных и количественных показателей гумуса [14]. Поэтому для них систематический перевод в залежное состояние является наиболее важным.

Таким образом, для естественного восстановления плодородия пахотных серых лесных почв,

которые обладают низкой устойчивостью к антропогенной нагрузке, необходимо комплексное изучение динамики основополагающих свойств под залежью в условиях Северного Зауралья.

Цель – изучить влияние разновозрастной залежи и вида сукцессии на гумусовое состояние серой лесной почвы в условиях Северного Зауралья.

Задачи исследований:

- изучить историю агрогенного воздействия пахотной серой лесной почвы стационара;
- определить содержание и запасы гумуса на участках разновозрастной залежи;
- установить роль возраста залежи и растительных сукцессий на запасы гумуса в серой лесной почве.

Материалы и методы. Объектом изучения послужили собственно серые лесные почвы (Greyic Phaeozems (WRB – 2004)), находящиеся в подтаежной зоне Зауралья, в северо-восточном направлении от поселка Березовка (57°40'02.9» N 65°51'32.9»E) Нижнетавдинского района Тюменской области.

Климат района характеризуется как умеренно континентальный. Общее количество осадков составляет 339 мм в год. Наибольшее значение выпадения осадков характерно для второй декады июля и составляет порядка 28 мм. В последующие месяцы наблюдается спад. Глубина промерзания почвы в среднем составляет 103 см. Гидротермический коэффициент Селянинова – 1,2.

Расстояние между точками отборами проб не превышало 1,5 км, что позволяет исключить разноклиматические условия формирования изучаемых участков серой лесной почвы. Почвенные образцы отбирали в 2021 году из полнопрофильных разрезов, сделанных для описания морфогенетических свойств серой лесной почвы в 6-кратной повторности по слоям: 0–20, 20–30, 30–60 см.

Исследования включали в себя три опыта:

- 1 Изучение вида растительности (сукцессий): хвойный и лиственный лес;
- 2 Влияние срока нахождения почвы под залежью: 15 и 30 лет;
- 3 Влияние длительности распашки на свойства собственно серой лесной почвы.

В качестве контроля был взят целинный участок, который располагается в непосредственной близости от объектов изучения. Для определения видового состава исследуемых участков использовался стационарный метод [15].

Залежный участок под хвойным лесом находится в 500 метрах от пахотного участка

57°66'53.61"N 65°84'77.26"E. Участок представляет собой лес с молодыми деревьями. Древесная растительность представлена следующими видами: Ель обыкновенная (*Picea abies* L.), Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.). Травянистая растительность представлена следующими видами: Осока лесная (*Carex sylvatica* L.), Тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), Земляника лесная (*Fragaria vesca* L.), Полевица обыкновенная (*Agrostis capillaris* L.). Возраст хвойных деревьев определяли методом подсчета мутовок.

Место отбора залежи под лиственным лесом 57°66'66.00"N 65°84'87.81"E. Участок представлен густым лиственным лесом. Древостой представлен следующими видами: Береза повислая (*Betula Pendula*), Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.). Травянистая растительность: Папоротник обыкновенный (*Pteridium aquilinum* L.), Костяника каменистая (*Rubus saxatilis*), Плаун годичный (*Lycopodium annotinum* L.), Земляника обыкновенная (*Fragaria vesca* L.), Клевер луговой (*Trifolium pretense* L.), Костер безостый (*Bromus inermis* L.). Возраст лиственных деревьев определяли с помощью бурава Пресслера диаметром 4 мм, по методике Henri D. Grissino-Mayer [16].

Координаты места отбора на пахотном участке 57°66'39.49»N; 65°84'49.90» E. Рельеф пашни представляет собой равнину с едва заметным уклоном на северо-восток.

Севооборот на данном участке зернопашной с 2002 г. по настоящее время. Ежегодно на поле вносили 60 кг аммиачной селитры, что соответствовало 20 кг азота. Растительные остатки в этот период были представлены только пожнивно-корневой массой сельскохозяйственных культур. Солома ежегодно вывозится на ферму. Система обработки почвы отвальная на глубину 20 см.

Расположение целинного участка в 650 метрах от пашни (57°40'02.9»N 65°51'32.9»E). Древостой представлен следующими видами: Береза повислая (*Betula Pendula*, L.), Осина обыкновенная (*Populus tremula* L.). Травянистая растительность: Вейник обыкновенный (*Calamagrostis epigejos* L.), Тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), Мятлик обыкновенный (*Poa trivialis* L.), Костер безостый (*Bromus inermis* L.), Костяника каменистая (*Rubus saxatilis* L.), Клевер луговой (*Trifolium pretense* L.), Плаун годичный (*Lycopodium annotinum* L.).

Содержание органического углерода определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-912) в лабораторно-аналитическом центре НИИСХ Северного Зауралья. При пересче-

те органического углерода в гумус использовали коэффициент 1,724 [17].

Запасы гумуса определялись расчетным методом по формуле:

$$Z = C \times h \times d,$$

где

Z – запасы гумуса, т/га;

C – содержание гумуса, %;

h – мощность, см;

d – плотность сложения г/см³.

Статистическая обработка результатов проводилась дисперсионным методом по Б. А. Доспехову с использованием инструмента программного комплекса «Microsoft Office Excel» с надстройкой «AgCStat» [18].

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе исследований было установлено, что содержание гумуса в горизонте А1 целинной серой лесной почвы составляет 3,8 %, что соответствует средним значениям данного подтипа в Северном Зауралье [19]. На пахотном участке содержание гумуса было достоверно ниже и составило 3,3 % гумуса в пахотном слое ($F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ при $t = 0,05$). Данный факт неоднократно отмечался учеными почвоведом и агрохимиками [20].

В подпахотном слое (А1А2) содержание гумуса заметно возрастает до 2,2 % соответственно, тогда как на целине этот показатель достоверно ниже – 2,0 % ($F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ при $p = 5 \%$).

В. А. Свирина и О. А. Артюхова (2019) отмечают, что серые лесные почвы наиболее чувствительны к переводу их в сельскохозяйственные угодья [21]. Одним из главных факторов, обуславливающих снижение содержания гумуса, является уменьшение поступления в почву растительных остатков относительно целины. Использование в качестве источника органики только пожнивных остатков от культурных растений не способно в полной мере

обеспечить достаточным количеством органического материала для создания положительного баланса гумуса в почве. Кроме того, активные ежегодные механические обработки верхнего слоя усиливают аэрацию и стимулируют деятельность целлюлозоразлагающей микробиоты [22].

Учитывая то, что в данном регионе лимитирующим фактором для получения высоких урожаев является азот, использование аммиачной селитры стало традиционным в системе земледелия Западной Сибири. Это позволяет повысить продуктивность пашни, но вместе с тем усиливает активность микробиоты пахотного слоя. На фоне высокой аэрации гумусового слоя это привело к активной деструкции гумуса и минерализации органического вещества пахотных серых лесных почв. Для более наглядного анализа протекающих почвообразовательных процессов в данном горизонте наиболее целесообразно провести анализ запасов гумуса. Так, в верхнем слое на пахотном участке они составляли 73 т/га, тогда как на целинной почве – 94 т/га, что на 22 % больше.

В пересчете на общие запасы гумуса на пахотной и целинной серой лесной почве разница недооценена – 1 т/га ($HCP_{05} = 2,5$ т/га) по причине нивелирования запасов за счет разности плотности сложения горизонта А1А2 на пашне и целине.

На целинной почве накопление органического вещества происходит преимущественно в гумусовом горизонте, в то время как на пашне наблюдаются активные процессы минерализации и вымывания гумуса вглубь. Об этом также свидетельствуют работы И. В. Тюрина [23].

Иллювиальный горизонт на пахотном участке имеет меньшее содержание гумуса относительно целины. Отклонения составляют 0,1 % при наименьшей существенной разнице 0,03 %. Причиной снижения содержания гумуса в данном слое

Таблица 1 – Влияние вида угодий на содержание гумуса серой лесной почвы, %

Горизонт	Глубина, см	Угодье						HCP_{05}
		залежь травянистая, с березово-осиновым подростом		залежь травянистая под хвойным лесом		пашня	целина	
		15 лет	30 лет	15 лет	30 лет			
А1/Пахотный	0-20	4,1	4,3	4,1	3,5	3,3	3,8	0,2
А1А2	20-30	2,5	2,3	2,3	2,1	2,2	2,0	0,1
В1	30-60	0,8	0,6	0,5	0,3	0,9	1,0	0,03

служит образованию подплужной подошвы на пахотной почве, а также уменьшение общей меагрегатной пористости, что в свою очередь ведет к препятствованию миграции илистой фракции в иллювиальный горизонт и накоплению ее в верхнем [24].

Двухфакторный дисперсионный анализ показал достоверность изменения содержания гумуса при распашке (таблица 2). Степень изменения гумусового состояния серой лесной почвы достоверно зависит от антропогенного фактора, который выражается в многолетнем использовании ее в пашне. Критерий Фишера подтверждает то, что вид использования серой лесной почвы имеет прямое влияние на содержание гумуса в ней. Точность опыта составила 1,66 %, что говорит о высокой степени достоверности полученных данных.

Перевод пашни в залежное состояние, а в дальнейшем зарастание ее листовым лесом привели к увеличению содержания гумуса в верхнем слое 0-20 см. За 15-летний период содержание гумуса в данном слое увеличилось с 3,30 до 4,1 % соответственно. Данное измене-

ние выходит за пределы $НСР_{05}$. Столь резкое изменение гумусного состояния собственно серой лесной почвы обусловлено рядом причин. Одной из главных является создание мощной корневой системы многолетними травами, что в свою очередь обеспечило увеличение поступления в почву растительных остатков, а вследствие – создание положительного баланса гумуса на постагрогенной серой лесной почве. Преобладание на исследуемом участке листового леса с хорошо развитой травянистой растительностью, состоящей преимущественно из злаково-разнотравных видов с примесью бобовых, способствовало улучшению микробиологической активности собственно серой лесной почвы, а дальнейшем – интенсификации процессов гумусонакопления [25]. Запасы гумуса в слое 0-20 см составили 98 т/га, что на 25 % выше, чем на пахотном участке (таблица 3).

При анализе содержания гумуса в иллювиальном горизонте выяснили, что за 15 лет данный показатель увеличился с 2,20 до 2,50 % соответственно. Результатом многолетнего антропогенного воздействия послужило создание подплужной

Таблица 2 – Результаты дисперсионного анализа содержания гумуса в собственно серых лесных почвах

Горизонт	Источник вариации	Показатель		
		дисперсия	достоверность	степень влияния, %
А1	Фактор А (Вид угодья)	1,0	$F_{факт} > F_{теор}$	38
	Фактор В (возраст)	0,3	$F_{факт} > F_{теор}$	10
	Взаимодействие АВ	1,2	$F_{факт} > F_{теор}$	44
А1А2	Фактор А (Вид угодья)	0,5	$F_{факт} > F_{теор}$	61
	Фактор В (возраст)	0,0	$F_{факт} < F_{теор}$	2
	Взаимодействие АВ	0,0	$F_{факт} < F_{теор}$	0
В	Фактор А (Вид угодья)	0,7	$F_{факт} > F_{теор}$	58
	Фактор В (возраст)	0,3	$F_{факт} > F_{теор}$	28
	Взаимодействие АВ	0,0	$F_{факт} < F_{теор}$	1

Таблица 3 – Запасы гумуса в собственно серой лесной почве, т/га

Горизонт	Глубина, см	Угодье				пашня	целина	$НСР_{05}$
		залежь под листовым лесом		залежь под хвойным лесом				
		15 лет	30 лет	15 лет	30 лет			
А1/Пахотный	0-20	98	94	101	87	73	94	5
А1А2	20-30	34	29	32	29	26	27	1
В1	30-60	34	25	21	13	40	43	1
Общее	0-60	166	148	154	129	139	164	7

подошвы. Это оказало влияние на водно-физических свойствах почвы, а именно на препятствование поднятия капиллярной влаги из слоя 30–60 см. Таким образом, корневая система многолетних трав проникает вглубь почвенного профиля для получения необходимой влаги, что в свою очередь сказалось на содержании гумуса в горизонте 20–30 см. Об этом свидетельствует также и оценка запасов гумуса в слое А1А2. Прирост относительно пахотного участка составил 12 т/га.

Пространственная характеристика накопления гумуса в почвенном профиле приблизилась до значений целины. Дойдя до глубины 30–60 см, данный показатель снизился до 0,80 % соответственно. Запасы гумуса в данном горизонте составляют 34 т/га, что на 6 т/га достоверно меньше, чем на пашне ($F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$ при $p=5\%$). Причиной снижения в данном горизонте является замедление процессов вымывания из пахотного слоя.

За 30 лет нахождения собственно серой лесной почвы в статусе залежи содержание гумуса в верхнем слое 0–20 см увеличилось на 30 % относительно пахотного угодья и составило 4,30 %. Расчет запасов гумуса показал, что относительно 15-летней залежи существенных изменений не наблюдается, и они находятся в пределах расчетной $НСР_{05}$. Однако существенные различия в содержании гумуса наблюдаются в горизонте 20–30 см относительно 15-летнего возраста залежи. Так, данный показатель снизился с 2,50 до 2,30 % соответственно.

Серые лесные почвы обладают относительно благоприятными водно-физическими свойствами [26]. При 30-летнем нахождении участка в качестве залежи отмечалось разрыхление подпахотного горизонта, что, в свою очередь, обеспечило восстановление межагрегатной пористости до значений целины [27]. Это привело к тому, что корневой системе многолетней травянистой растительности нет необходимости проникать вглубь почвенного профиля, так как насыщенности влагой верхнего горизонта А1 достаточно для их оптимального роста и развития. Подтверждением является и расчет запасов гумуса в данном горизонте. Так, снижение относительно 15-летней залежи составило 5 т/га, при расчетной погрешности $НСР_{05}$, равной 1 тонне.

С углублением по почвенному профилю также наблюдается и снижение содержания гумуса в элювиальном горизонте В до 0,60 %. Это на 0,2 % ниже варианта 15-летней залежи. Данное изменение связано с уменьшением прорастания корневой системы вглубь почвенного профиля,

а также с прекращением вымывания гумуса из вышележащего горизонта А1. Запасы гумуса также снизились на 9 т/га и составили 25 т/га соответственно.

По мере развития хвойного леса положительная динамика гумусового состояния исчезает, и начинается процесс минерализации почвенного органического вещества.

При зарастании травянистой залежи хвойными деревьями в верхнем почвенном профиле содержание гумуса увеличивается относительно пашни и составляет порядка 4,10 %. Как и в варианте с травянистой растительностью с подростом березово-хвойного леса, причиной служит увеличение поступления растительных остатков, снижение аэрации, увеличение микробиологической активности [28]. Молодой древостой хвойного леса еще не может значительно влиять на почвообразовательные процессы. Также доминирующей сукцессией в данном случае является травянистая растительность. Расчет запасов гумуса в данном горизонте показал, что прирост составил порядка 28 т/га.

В ходе анализа нижележащего горизонта А1А2 выявили, что содержание гумуса составляет порядка 2,30 %. Сравнивая с пахотным угодьем – 2,20 %, при $НСР_{05}$ существенных различий не наблюдается.

При оценке иллювиального горизонта было установлено, что содержание гумуса составляет 0,50 %, что на 0,40 % ниже, чем на пашне. Снижение обусловлено тем, что за столь небольшой срок нахождения пашни в качестве залежи под хвойным лесом не произошло значительного разуплотнения подпахотного слоя, что, в свою очередь, сказалось на прорастании вглубь почвенного профиля корневой системы травянистой растительности и сосредоточении ее в верхних слоях почвенного профиля. Об этом свидетельствует расчет запасов гумуса. Так, в элювиальном горизонте данный показатель составляет порядка 13 т/га, что на 27 т/га меньше, чем на пахотном угодье.

По истечении 30 лет на залежи под хвойным лесом наблюдается резкий спад содержания гумуса в верхнем слое 0–20 см почвенного профиля с 4,10 до 3,50 %. Причиной служит то, что с ростом возраста хвойного древостоя многолетняя травянистая растительность получает недостаточно солнечного света ввиду перекрытия его кроной деревьев. К тому же значительно увеличивается опад хвои, которая при разложении оказывает подкисление почвенного раствора, что влечет за собой снижение микробиологической активности почвы

и смену доминирующей бактериальной на грибную микробиоту [29]. Все это привело к снижению поступления в почву растительных остатков, что, в свою очередь, сказалось на процессах гумусообразования. Корневая система хвойных деревьев не способна в полной мере обеспечить достаточным количеством органического материала микробиологической флоры, как на залежи под травянистой растительностью [30]. Об этом свидетельствует снижение содержания и запасов гумуса. На данном варианте запасы составили порядка 87 т/га, что на 14 т/га меньше, чем на 15-летней залежи под хвойным лесом, на 7 т/га, чем на целине.

Горизонт А1А2 также отмечается снижением как содержания, так и запасов гумуса – 2,10 % и 29 т/га соответственно. Причиной служит угнетение травянистой растительности хвойными деревьями. Данное значение относительно пашни и целинного участка не имеет существенного различия при $НСР_{05} = 0,11$. Таким образом, несмотря на отсутствие ежегодного антропогенного вмешательства в почвообразовательные процессы при доминировании хвойной растительности, наблюдается вымывание гумуса в иллювиальный горизонт.

Если рассматривать горизонт В, содержание гумуса значительно снижается до 0,3 % соответственно. Несмотря на то, что на данном варианте все также происходит вымывание гумуса из верхнего слоя, темпы данного процесса значительно меньше по сравнению с пахотным угодьем, где содержание гумуса в исследуемом горизонте составляет 0,9 %.

В результате дисперсионного анализа установлена степень влияния факторов на показатели гумусового состояния. Так, вид угодья имеет высокую степень влияния на содержание гумуса в слое 0-20 см, а также влияет на гумусовое состояние серой лесной почвы ($F_{факт} > F_{теор}$ при $p = 5\%$). Наибольшую степень влияния оказывает взаимодействие факторов: вид угодья и возраст 44 %.

При оценке изменения содержания гумуса в горизонте А1А2 в зависимости от вида угодья наблюдается наибольшая степень влияния – 61 и 58 % соответственно. Критерий Фишера данных вариантов позволяет судить о достоверности принятия теорий.

Заключение. Нахождение постагрогенной собственно серой лесной почвы в качестве залежи благоприятно сказывается на содержании и запасах гумуса в почвенном профиле. Однако положительная тенденция наблюдается только

на варианте с травянистой растительностью. Уже через 15 лет почвообразовательные процессы переходят на путь естественного восстановления почвы после длительного антропогенного влияния. С увеличением срока нахождения почвы в качестве залежи под травянистой растительностью (30 лет) происходит практически полное восстановление до показателей целины. Замедляются процессы внутрипрофильного вымывания гумуса из верхних горизонтов, а также увеличиваются его запасы по всей глубине почвенного профиля относительно пахотного участка.

При зарастании бывшего пахотного угодья хвойной растительностью на протяжении 15 лет также наблюдаются процессы восстановления почвообразовательных процессов, однако, если сравнить с вариантом под травянистой растительностью, темпы восстановления медленней. Кроме того, с увеличением срока (30 лет) наблюдается снижение запасов гумуса в почвенном профиле.

Список источников

1. Котченко С.Г., Краснова Е.А. Мониторинг состояния плодородия пахотных земель Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 9. С. 11-14.
2. Сергеев Ю.Н., Кулеш В.П. Концепция циклического развития цивилизации // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. География. 2013. № 2. С. 57-70.
3. Казак А.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян сортов пшеницы в северной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 3 (20). С. 219-229. DOI: 10.3766/2072-9081.2019.20.3.219-229.
4. Каюгина С.М., Ерёмин Д.И. Гумусовое состояние темно-серых лесных почв Северного Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2002. № 10 (187). С. 35-42.
5. Изменение свойств почв залежного ряда Курской области и тренды восстановления постагрогенных почв лесостепной и степной зон / А.М. Булышева [и др.] // Почвоведение. 2021. № 8. С. 983-998.
6. Сорокина О.А. Трансформация плодородия почв под лесными насаждениями на сопряженных элементах рельефа в степях Хакасии // Лесоведение. 2017. № 1. С. 60-72.
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Рос-

сийской Федерации в 2020 году. М.: Росреестр, 2021. С. 172.

8. Еремин Д.И. Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопашотных черноземов лесостепной зоны Зауралья // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 24-26.

9. Рыбакова А.Н., Сорокина О.А. Оценка показателей плодородия постагрогенных серых лесных почв залежей при различном использовании // Плодородие. 2013. № 3 (72). С. 31-33.

10. Бакшеева Е.О., Ростовцева Т.И., Морозов А.С. Особенности зарастания древесной растительностью неиспользуемых сельскохозяйственных земель // Вестник КрасГАУ. 2017. № 10. С. 100-107.

11. Безуглова О.С., Назаренко О.Г., Ильинская И.Н. Динамика деградации земель в ростовской области // Аридные экосистемы. 2020. № 2 (83). С. 10-15. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10090.

12. Когут Б.М., Милановский Е.Ю., Хаматнуров Ш.А. О методах определения содержания органического углерода в почвах (критический обзор) // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. № 114. С. 5-28.

13. Ерёмин Д.И., Груздева Н.А., Ерёмина Д.В. Изменение гумусового состояния серых лесных почв восточной окраины Зауральского плато под действием длительной распашки // Почвоведение. 2018. № 7. С. 826-835. DOI: 10.1134/S0032180X18070110.

14. Гладышева О.В., Свирина А.В., Артюхова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусное состояние почвы в длительном стационарном опыте // Аграрная наука. 2020. № 10. С. 83-87.

15. Артаев О.Н., Башмаков Д.И., Безина О.В. Методы полевых экологических исследований: учебное пособие. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2014. 412 с.

16. Henri D. Grissino-Mayer A manual and Tutorial for the proper use of an increment borer // Three-ring research. 2003. № 59 (2). Pp. 63-79.

17. Самофалова И.А. Лабораторно-практические занятия по химическому анализу почв: учебное пособие. Пермь: Изд-во Пермской ГСХА, 2013. 133 с.

18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс, 2011. 350 с.

19. Груздева Н.А., Котченко С.Г., Ерёмин Д.И. Динамика содержания и запасов гумуса в агролесных почвах Северного Зауралья // Плодородие. 2017. № 3 (96). С. 16-19.

20. Дёмин Е.А., Ерёмин Д.И. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на запасы органического углерода в черноземе выщелоченном // Земледелие. 2023. № 4. С. 35-39. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39.

21. Свирина В.А., Артюхова О.А. Азотный режим и биологическая активность почвы под влиянием известкования и удобрений // Плодородие. 2019. № 5 (110). С. 3-6. DOI: 10.25.680/S19948603.2019.110.01.

22. Дёмина О.Н. Влияние минеральных удобрений на нитратный режим и нитрификацию чернозема выщелоченного в Северном Зауралье // Агротехнический вестник. 2021. № 2. С. 10-14. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-002.

23. Чупрова В.В. К 125-летию со дня рождения академика И.В. Тюрина // Вестник КрасГАУ. 2017. № 9. С. 129-133.

24. Дёмина О.Н., Ерёмин Д.И. Влияние минеральных удобрений на микрофлору пахотного чернозема лесостепной зоны Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 2 (155). С. 63-71. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-63-71.

25. Киричкова И.В. Микробиологическая активность почвы в посевах многолетних трав и формирование клубеньков у бобовых компонентов // Плодородие. 2008. № 3 (42). С. 31-32.

26. Сахаров А.В., Еремин Д.И., Первушина А.Н. Антропогенное изменение гранулометрического состава серых лесных почв подтаёжной зоны Северного Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (70). С. 42-47.

27. Анненков С.А., Белоконов А.Л., Неведров Н.П. Агротехническая характеристика залежных земель Северо-Западного (Свапского) района курской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. № 2. С. 36-39.

28. Карминов В.Н. Динамика свойств почвы в зависимости от возраста сосняков черничных // Лесной вестник. 2001. № 1. С. 180-189.

29. Изменение растительности на лугах под влиянием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / Е.Н. Журавлева [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология. 2012. № 2. С. 3-12.

30. Бахмет О.Н. Запасы углерода в почвах сосновых и еловых лесов Карелии // Лесоведение. 2018. № 1. С. 48-55.

References

1. Kotchenko S.G., Krasnova E.A. Monitoring sostojanija plodorodija pahotnyh zemel' Tjumenskoj oblasti [Monitoring the state of fertility of arable lands in the Tyumen region]. *Achievements of science and technology in agro-industrial complex*. 2021; (9): 11-14. (In Russ).
2. Sergeev Yu.N., Kulesh V.P. Konceptcija ciklicheskogo razvitija civilizacii [The concept of cyclical development of civilization]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Serija 7. Geologija. Geografija*. 2013; (2): 57-70. (In Russ).
3. Kazak A.A. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo semjan sortov pshenicy v severnoj lesostepi Tjumenskoj oblasti [The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of seeds of wheat varieties in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2019; (3-20): 219-229. DOI: 10.3766/2072-9081.2019.20.3.219-229. (In Russ).
4. Kayugina S.M., Eremin D.I. Gumusovoe sostojanie temno-seryh lesnyh pochv Severnogo Zaural'ja [Humus status of dark gray forest soils of the Northern Trans-Urals]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2002; (10-187): 35-42. (In Russ).
5. Bulysheva A.M. et al. Izmenenie svojstv pochv zalezhnogo rjada Kurskoj oblasti i trendy vosstanovlenija postagrogennyh pochv lesostepnoj i stepnoj zon [Changes in the properties of fallow soils in the Kursk region and trends in the restoration of postagrogenic soils in the forest-steppe and steppe zones]. *Pochvovedenie*. 2021; (8): 983-998. (In Russ).
6. Sorokina O.A. Transformacija plodorodija pochv pod lesnymi nasazhdenijami na soprjazhennyh jelementah rel'efa v stepjah Hakassii [Transformation of soil fertility under forest plantations on adjacent relief elements in the steppes of Khakassia]. *Lesovedenie*. 2017; (1): 60-72. (In Russ).
7. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostojanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2020 godu [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2020]. Moscow: Rosreestr; 2021: 172. (In Russ).
8. Eremin D.I. Zalezh' kak sredstvo vosstanovlenija sodержaniya i zasopov gumusa staropahotnyh chernozemov lesostepnoj zony Zaural'ja [Fallow land as a means of restoring the content and reserves of humus in old-arable chernozems of the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *Plodorodie*. 2014; (1-76): 24-26. (In Russ).
9. Rybakova A.N., Sorokina O.A. Ocenka pokazatelej plodorodija postagrogennyh seryh lesnyh pochv zalezhej pri razlichnom ispol'zovanii [Assessment of fertility indicators of postagrogenic gray forest fallow soils under different uses]. *Plodorodie*. 2013; (3-72): 31-33. (In Russ).
10. Baksheeva E.O., Rostovtseva T.I., Morozov A.S. Osobennosti zarastaniya drevesnoj rastitel'nost'ju neispol'zuemyh sel'skohozjajstvennyh zemel' [Features of woody vegetation overgrowing unused agricultural land]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2017; (10): 100-107. (In Russ).
11. Bezuglova O.S., Nazarenko O.G., Ilyinskaya I.N. Dinamika degradacii zemel' v rostovskoj oblasti [Dynamics of land degradation in the Rostov region]. *Aridnye jekosistemy*. 2020; (2-83): 10-15. DOI: 10.24411/1993-3916-2020-10090. (In Russ).
12. Kogut B.M., Milanovsky E.Yu., Khamatnurov Sh.A. O metodah opredelenija sodержaniya organicheskogo ugleroda v pochvah (kriticheskij obzor) [On methods for determining the content of organic carbon in soils (critical review)]. *Dokuchaev soil bulletin*. 2023; (114): 5-28. (In Russ).
13. Eremin D.I., Gruzdeva N.A., Eremina D.V. Izmenenie gumusovogo sostojanija seryh lesnyh pochv vostochnoj okrainy Zaural'skogo plato pod dejstviem dlitel'noj raspashki [Changes in the humus status of gray forest soils on the eastern edge of the Trans-Ural Plateau under the influence of long-term plowing]. *Pochvovedenie*. 2018; (7): 826-835. DOI: 10.1134/S0032180X18070110. (In Russ).
14. Gladysheva O.V., Svirina A.V., Artyukhova O.A. Vlijanie sevooborotov i mineral'nyh udobrenij na gumusnoe sostojanie pochvy v dlitel'nom stacionarnom opyte [The influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus status of the soil in a long-term stationary experiment]. *Agrarian science*. 2020; (10): 83-87. (In Russ).
15. Artaev O.N., Bashmakov D.I., Bezina O.V. *Metody polevyh jekologicheskikh issledovanij: uchebnoe posobie* [Methods of field environmental research: textbook]. Saransk: Mordovian University Press; 2014: 412. (In Russ).
16. Henri D. Grissino-Mayer A manual and Tutorial for the proper use of an increment borer. *Three-ring research*. 2003; (59-2): 63-79.
17. Samofalova I.A. *Laboratorno-prakticheskie zanjatija po himicheskomu analizu pochv: uchebnoe posobie* [Laboratory and practical classes on chemical analysis of soils: textbook]. Perm': Izd-vo Permskoj GSHA; 2013: 133. (In Russ).
18. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij [Methodology of field experience: with the ba-

sics of statistical processing of research results]. M.: Al'jans; 2011: 350. (In Russ).

19. Gruzdeva N.A., Kotchenko S.G., Eremin D.I. Dinamika sodержaniya i zapasov gumusa v agroseryh lesnyh pochvah Severnogo Zaural'ja [Dynamics of humus content and reserves in agro-gray forest soils of the Northern Trans-Urals]. *Plodorodie*. 2017; (3-96): 16-19. (In Russ).

20. Demin E.A., Eremin D.I. Vlijanie dlitel'nogo sel'skhozajstvennogo ispol'zovanija na zapasy organicheskogo ugleroda v chernozeme vyshhelochennom [The influence of long-term agricultural use on organic carbon reserves in leached chernozem]. *Zemledelie*. 2023; (4): 35-39. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-4-35-39. (In Russ).

21. Svirina V.A., Artyukhova O.A. Azotnyj rezhim i biologicheskaja aktivnost' pochvy pod vlijaniem izvestkovaniya i udobrenij [Nitrogen regime and biological activity of soil under the influence of liming and fertilizers]. *Plodorodie*. 2019; (5-110): 3-6. DOI: 10.25.680/S19948603.2019.110.01. (In Russ).

22. Demina O.N. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na nitratnyj rezhim i nitrifikaciju chernozema vyshhelochennogo v Severnom Zaural'e [The influence of mineral fertilizers on the nitrate regime and nitrification of leached chernozem in the Northern Trans-Urals]. *Agrochemical Herald*. 2021; (2): 10-14. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-002. (In Russ).

23. Chuprova V.V. K 125-letiju so dnja rozhdenija akademika I.V. Tjurina [On the occasion of the 125th anniversary of the birth of Academician I.V. Tyurina]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2017; (9): 129-133. (In Russ).

24. Demina O.N., Eremin D.I. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na mikroflu ru pahotnogo chernozema lesostepnoj zony Zaural'ja [The influence of mineral fertilizers on the microflora of arable chernozem in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020; (2-155): 63-71. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-2-63-71. (In Russ).

25. Kirichkova I.V. Mikrobiologicheskaja aktivnost' pochvy v posevah mnogoletnih trav i formirovanie kluben'kov u bobovyh komponentov [Microbiological activity of soil in crops of perennial grasses and the formation of nodules in legume components]. *Plodorodie*. 2008; (3-42): 31-32. (In Russ).

26. Sakharov A.V., Eremin D.I., Pervushina A.N. Antropogennoe izmenenie granulometricheskogo sostava seryh lesnyh pochv podtajozhnoj zony Severnogo Zaural'ja [Anthropogenic change in the granulometric composition of gray forest soils in the subtaiga zone of the Northern Trans-Urals]. *Bulletin of*

Michurinsk State Agrarian University. 2022; (3-70): 42-47. (In Russ).

27. Annenkov S.A., Belokon A.L., Navedrov N.P. Agrohimicheskaja karakteristika zaleznyh zemel' Severo-Zapadnogo (Svapskogo) rajona kurskoj oblasti [Agrochemical characteristics of fallow lands in the North-Western (Svap) region of the Kursk region]. *Proceedings of Voronezh state university. Series: Geography. Geoecology*. 2017; (2): 36-39. (In Russ).

28. Karminov V.N. Dinamika svojstv pochvy v zavisimosti ot vozrasta sosnjakov chernichnyh [Dynamics of soil properties depending on the age of blueberry pine forests]. *Lesnoj vestnik*. 2001; (1): 180-189. (In Russ).

29. Zhuravleva E.N. et al. Izmenenie rastitel'nosti na lugah pod vlijaniem sosny obyknovennoj (*Pinus sylvestris* L.) [Changes in vegetation in meadows under the influence of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Serija 3. Biologija*. 2012; (2): 3-12. (In Russ).

30. Bakhmet O.N. Zapasy ugleroda v pochvah sosnyh i elovyh lesov Karelii [Carbon reserves in soils of pine and spruce forests in Karelia]. *Lesovedenie*. 2018; (1): 48-55. (In Russ).

Информация об авторах

А.В. Сахаров – аспирант; AuthorID 1059643.

Д.В. Ерёмкина – кандидат сельскохозяйственных наук; AuthorID 318942.

Information about the author

A.V. Sakharov – graduate student; AuthorID 1059643.

D.V. Eremina – Candidate of Agricultural Sciences; AuthorID 318942.

Статья поступила в редакцию 09.10.2023; одобрена после рецензирования 04.12.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 09.10.2023; approved after reviewing 04.12.2023; accepted for publication 12.12.2023.