

ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 631.46574.42

ИЗМЕНЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ В ПОСТАГРОГЕННЫЙ ПЕРИОД

© 2020 г. М. А. Азаренко (Мясникова)^а, *, К. Ш. Казеев^а, О. Ю. Ермолаева^а, С. И. Колесников^а

^а Южный федеральный университет, ул. Б. Садовая, 105/42, Ростов-на-Дону, 344006 Россия

*e-mail: margarita_prudnikova@mail.ru

Поступила в редакцию 29.12.2018 г.

После доработки 20.04.2020 г.

Принята к публикации 24.04.2020 г.

Изучены изменения почвенно-растительного покрова и биологических свойств черноземов обыкновенных в естественном сукцессионном ряду разновозрастных залежей на территории Ростовской области. Установлено, что с увеличением продолжительности залежного режима возрастает видовое разнообразие растительного покрова, содержание гумуса в почве и уменьшается относительная скорость восстановления биологических свойств. За 83 года залежного режима происходит увеличение твердости почвы, уменьшение плотности на 15%, значений pH — с 8.1 до 7.3. Содержание гумуса в слое 0–10 см за этот период возрастает в 2.4 раза, активность инвертазы — в 2.3 раза. Активность пероксидазы и полифенолоксидазы уменьшается. Интегральный показатель биологического состояния на залежных участках 27- и 83-летнего возраста по отношению к пашне увеличился соответственно на 32 и 45%.

Ключевые слова: степная зона, залежь, гумус, ферментативная активность, сельскохозяйственное использование, Naplic Chernozems

DOI: 10.31857/S0032180X20110039

ВВЕДЕНИЕ

Степная зона юга России подверглась сильной антропогенной трансформации. Распашка земель привела к уничтожению естественной растительности, исчезновению многих видов животных и деградации почв [8, 10]. В последние десятилетия по разным причинам происходит уменьшение площадей пашни за счет вывода малопродуктивных почв из сельскохозяйственного оборота. Наряду с почвами, фактически непригодными под пашню, выводятся из сельскохозяйственного использования и земли хорошего качества, экологический потенциал которых остается невостребованным по экономическим причинам [2]. Сокращение сельскохозяйственных земель в России началось в начале 90-х годов XX столетия после распада Советского Союза и последующего экономического кризиса [29]. По литературным данным, на территории России из сельскохозяйственного использования с 1990 по 2007 гг. было выведено около 40–50 млн га пахотных земель [29, 38, 49, 65]. Проведенная в 2016 г. сельскохозяйственная перепись показала, что общая площадь неиспользуемых угодий в России составляет 97.2 млн га — 44% всех сельскохозяйственных угодий страны [17].

Длительное использование земель под пашню приводит к изменению экосистем, но это не значит, что после прекращения антропогенного воздействия не происходит их восстановления. Залежная сукцессия — сложный процесс восстановления растительности и почвенного плодородия [12]. В целом обобщающая схема возвращения степных залежей к целинному состоянию выглядит следующим образом: 1) бурьянистая (стадия полевых сорняков); 2) корневищная; 3) стадия рыхлокустовых злаков (дерновинных злаков); 4) стадия плотнокустовых злаков (вторичная целина) [10, 16, 26, 27]. В зависимости от климата, типа почвы, близости или удаленности исходной экосистемы стадии сукцессии могут меняться и иметь разную продолжительность [23, 43, 50].

Изменения, происходящие в постагрогенных почвах, достаточно подробно описаны в литературе [5, 20, 29, 44, 51, 67]. При выводе почв из сельскохозяйственного оборота и прекращении антропогенного воздействия природные почвообразовательные процессы способствуют регенерации пахотных почв: под травянистой растительностью бывшие пахотные горизонты трансформируются по дерновому типу [15, 34, 45], снижается плотность сложения [5, 28, 50, 51, 63, 64, 66, 76], улучшается водный режим [69, 72],

увеличивается доля макроагрегатов [5], отмечается увеличение содержания гумуса и ферментативной активности [20, 22, 33, 42, 45, 48, 53], содержание углерода лабильной фракции [40]. После прекращения сельскохозяйственного воздействия происходит увеличение микробной биомассы и повышение микробной активности, может происходить изменение микробиоты [3, 31, 39, 68, 73–75].

В настоящее время актуальны вопросы восстановления биологических свойств и плодородия почв залежей в различных стадиях сукцессий, оценка возможности их дальнейшего рационального использования. В связи с этим возникает необходимость в специальном изучении особенностей зарастания заброшенной пашни, видового состава растительности, стадий демутиаций и их длительности, изменения почвенных свойств на этих стадиях.

Цель работы — изучить изменения почвенно-растительного покрова и биологических свойств черноземов обыкновенных (чернозем миграционно-сегрегационный по Классификации почв России или *Naiplic Chernozems* по WRB) в естественном сукцессионном ряду разновозрастных залежей.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования расположены в пределах памятника природы “Степь Приазовская” в подзоне разнотравно-типчаково-ковыльных степей рядом с пос. Танаис Мясниковского р-на Ростовской обл. [20]. Рельеф исследованного участка представлен Приазовской наклонной равниной с ясно выраженными террасами реки Мертвый Донец. Приазовская наклонная равнина заключена между отрогами Донецкого кряжа, Азовским морем и долиной Дона. Общий уклон равнины — в сторону Азовского моря и Дона.

Участок исследования представляет собой серию залежей возрастом: 83 года, 27 и 17 лет. Рядом находится участок пашни учебно-опытного хозяйства Южного федерального университета “Недвиговка”, земли которого и выводились из сельскохозяйственного использования. Данный участок использовался как объект сравнения — эталон. На всех исследованных участках были заложены мелкие поверхностные разрезы глубиной 50 см. Почва — чернозем обыкновенный карбонатный среднесуглинистый [8, 12, 13, 35]. Комплексное исследование залежного участка “Степь Приазовская” проведено Вальковым с соавт. 33 года назад [6].

Настоящие исследования проводили с использованием общепринятых методов [18]. Полевые исследования проводили в один день в течение нескольких часов из-за близкого расположения участков. Плотность почвы определяли объемно-

весовым методом в трехкратной повторности. Твердость почв (сопротивление пенетрации) исследовали в полевых условиях с помощью пенетromетра Eijkelkamp на глубину 45 см с интервалом 5 см в 10-кратной повторности. Для определения рН почвы использовали потенциометрический метод. Изучили активность ферментов двух классов: оксидоредуктаз (каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы) и гидролаз (β -фруктофуранозидазы или инвертазы). Активность каталазы определяли по Галстяну [11], пероксидазы и полифенолоксидазы — по методике Карягиной и Михайловой [57], инвертазы — по Галстяну с фотокolorиметрическим окончанием по Хазиеву [58]. Содержание общего гумуса определяли по методу Тюрина в модификации Никитина [35].

Изучение флоры и растительности залежных степных сообществ проводили маршрутным методом в 2012–2013 гг. в соответствии со стандартными подходами, описанными Миркиным и Наумовой [32]. Видовую принадлежность растений определяли согласно описаниям, данным в работе Толмачева и в двухтомнике “Флора Нижнего Дона” [52, 55, 56]. Названия видов приведены по Черепанову и “Флоре Восточной Европы” [54, 60]. Анализ флоры проведен по общепринятым методикам, описанным Толмачевым [52].

Расчет интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) вели по Казееву и Колесникову [18]. Для этого максимальное значение каждого из показателей принимали за 100%, и по отношению к нему в процентах выражали значение этого же показателя в остальных образцах:

$$B_1 = (B_x / B_{\max}) \times 100\%, \quad (1)$$

где B_1 — относительный балл показателя; B_x — фактическое значение показателя; $B_{\max}$ — максимальное значение показателя.

После этого рассчитывали средний оценочный балл изученных показателей для образца (варианта), абсолютные значения которых не могут быть суммированы, так как имеют разные единицы измерения. ИПБС почвы рассчитывали аналогично формуле (1):

$$\text{ИПБС} = (B_{\text{ср}} / B_{\text{ср. max}}) \times 100\%, \quad (2)$$

где $B_{\text{ср}}$ — средний оценочный балл всех показателей; $B_{\text{ср. max}}$ — максимальный оценочный балл всех показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из литературных данных, мы предположили, что период залежного режима, сопровождаемый восстановительными сукцессиями должен приводить к увеличению биоразнообразия и усилению биологической активности.

Таблица 1. Характеристики исследуемых черноземов (слой 0–10 см, $M \pm m$)

Участок	pH водный	Плотность, г/см ³	Глубина вскипания от HCl, см	Влажность, %	Запас гумуса в горизонтах А + АВ, т/га
Залежь 83 года	7.31 ± 0.01	1.03 ± 0.01	28	14 ± 1.6	191
27 лет	7.44 ± 0.03	1.10 ± 0.02	30	20 ± 2.2	185
17 лет	7.66 ± 0.01	1.12 ± 0.01	5	13 ± 1.0	167
Пашня	8.11 ± 0.01	1.20 ± 0.03	0	15 ± 1.6	135

На исследованной территории зарегистрировано 109 видов сосудистых растений, принадлежащих к 81 роду, 24 семействам. На 83-летней залежи зафиксирован 71 вид, на 27-летней – 61 вид, на 17-летней – 70 видов. Ведущими семействами на исследованных участках являются *Asteraceae* и *Poaceae*.

Участок 83-летней залежи находится на типичковой стадии сукцессии. Здесь доминирующую роль играют плотнодерновинные злаки (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Stipa ucrainica* P.A. Smirn.) – одни из характерных степных видов, часто доминирующие в степных растительных сообществах. В сложении фитоценозов значительную роль играют и другие злаки (*Stipa capillata* L., *Melica transsilvanica* Schur, *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Poa angustifolia* L.). Из разнотравья фитоценоотическую роль играют стержнекорневые многолетние травы *Medicago romanica* Prodan, *Salvia tesquicola* Klovov & Pobed. и корневишные многолетники *Achillea setacea* Waldst. & Kit., *Artemisia austriaca* Jacq., *Lathyrus tuberosus* L. Коэффициент флористического сходства Жаккара между 83-летней залежью и более молодыми залежами варьировал от 0.3 до 0.4, что говорит о среднем сходстве между данными участками.

Залежи 17- и 27-летнего возраста представляют собой корневищно-злаковую стадию сукцессии. На этих участках доминирующую роль играет корневищный мезофильный злак – *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth. На отдельных участках значительную роль играют корневищные злаки: *Melica transsilvanica* Schur, *Elytrigia elongata* (Host) Nevski, *E. Repens* (L.) Nevski, а также дерновинные *Festuca valesiaca* Gaudin, *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr. Состав разнотравья флористически разнороден даже в пределах одного участка залежи. Значительным также был и вклад сорных видов на залежи 17-летнего возраста: *Carduus acanthoides* L., *C. Crispus* L., *Meniocus linifolius* (Stephan) DC., *Linaria vulgaris* Mill., *Senecio jacobaea* L. Коэффициент флористического сходства Жаккара между данными участками равен 0.5.

Число видов растений на 83-летней и 17-летней залежах одинаково, но различно по составу.

На 17-летней залежи количество видов больше, чем на 27-летней, за счет синантропных и сорно-полевых видов растений (нехарактерных для природной флоры), которые в дальнейшем вытесняются дерновинно-злаковыми степными видами. А на 83-летней залежи наблюдается повышение разнообразия именно за счет типично степных видов, характерных для зоны настоящих степей.

Общее проективное покрытие на всех исследованных участках 100%. На поверхности почвы исследованных участков хорошо выражен мертвый напочвенный покров из отмерших растительных остатков с проективным покрытием в среднем 95% мощностью 1–2 см. Высота травостоя на 83- и 17-летних залежах варьировала от 35 до 55 см, в среднем 50 см. На 27-летней залежи можно выделить 2 яруса, высота верхнего составляла 95–140 см, а нижнего 40–60 см. Хотя залежи 83 и 17 лет имеют разные стадии развития, но доминирующие виды на них дают примерно одну высоту травостоя, в то время как на залежи 27 лет доминирует корневищный злак *Calamagrostis epigeios*, который может достигать в высоту 150 см. На более молодых залежах (17 и 27 лет) на почве наблюдаются мхи, их проективное покрытие около 10%.

По надземной фитомассе между 83- и 27-летними залежами существенных отличий не отмечено, их фитомасса варьировала от 134 до 136 ц/га. Минимальная величина фитомассы наблюдается на 17-летней залежи – 87 ц/га. По запасу фитомассы все изученные залежи согласно десятибалльной шкале Базилович и Родиной [6] можно охарактеризовать как малопродуктивные.

Влажность верхних горизонтов почвы исследованных участков в июле колеблется от 13 до 20%, причем максимальные значения отмечены на 27-летней залежи, а минимальные на 17-летней залежи (табл. 1). Температура верхних горизонтов варьирует от 20 до 31°C. Максимальное ее значение отмечено на пашне, а минимальное – на 27-летней залежи. Как на пашне, так и в залежи температура почвы с глубиной плавно снижается на несколько градусов (рис. 1).

В ряду 83-летняя залежь–27-летняя залежь–17-летняя залежь–пашня происходит изменение pH почвы в сторону щелочной реакции среды,

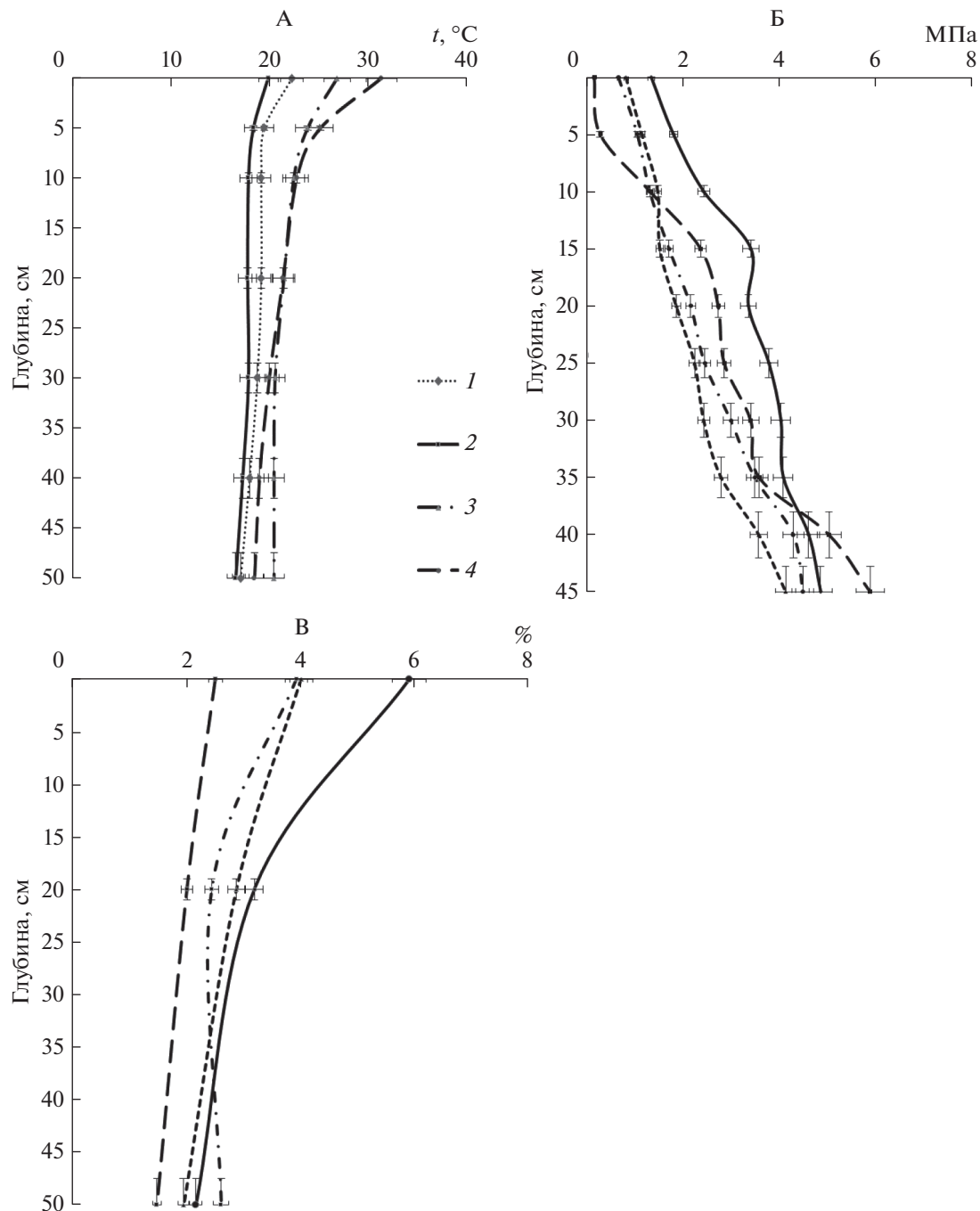


Рис. 1. Изменение температуры (А), твердости (Б) и содержания гумуса (В) в почвах залежей разных возрастов: 1 – 83-летней; 2 – 27-летней; 3 – 17-летней и пашни (4).

это связано с разной глубиной залегания карбонатов в залежах по сравнению с пашней. Если на старых залежах вскипание от 10-%-ого раствора НС1 начинается с 28–30 см, то на 17-летней залежи уже с 5 см. Почва пашни вскипает с поверхности. Повышенное содержание карбонатов пахотного чернозема связано с двумя основными причинами. Первая – регулярное поступление карбонатов к

поверхности при глубокой вспашке из средних слоев почвы, обогащенных известью. Вторая – миграция карбонатов к поверхности пахотных почв с восходящими потоками почвенных растворов в летний период, установленная Афанасьевой [4]. Подобные процессы характерны для пахотных черноземов юга России, где в сухой сезон в верхней части почвы наблюдается сезонное повышение содер-

жания карбонатов кальция [4]. Об увеличении степени карбонатности в пахотных черноземах обыкновенных относительно целинных и старозалежных аналогов на исследуемой территории было известно и ранее [15, 33, 34].

Плотность верхнего горизонта на исследованных участках варьирует от 1.03 до 1.20 г/см³. Максимальные значения отмечены на пахотном варианте, минимальная плотность зафиксирована на 83-летней залежи. При исследовании старой залежи 33 года назад плотность почвы составляла 1.04 г/см³ [6], то есть за это время она не изменилась. Плотность почвы на всех исследованных участках оптимальна для большинства растений, при таких показателях почва хорошо водопроницаема и влагоемка [8].

Твердость почвы, измеренная с помощью пентрометра, отражает то противодействие, которое испытывает корень растения во время роста. Твердость, превышающая 5 МПа, свидетельствует об уплотнении почвы, препятствующем росту корней, что влияет на продуктивность растительности [25]. Наибольшая твердость исследованных почв наблюдается на 83-летней залежи, а минимальная — на пашне. Твердость на залежных участках увеличивается от молодых к старым залежам. Повышенный уровень твердости на залежных участках возникает из-за увеличения прочности агрегатов и армирующего действия корневых систем естественной растительности. С глубиной происходит увеличение твердости почвы, причем на залежных участках до глубины 45 см ее значение не превышает 5 МПа, а на пашне это значение повышается, начиная с глубины 40 см, что может быть связано с образованием плужной подошвы ниже пахотного горизонта.

Содержание гумуса — наиболее важный показатель экологического состояния и плодородия почв, определяющий ее экологические функции. Различия в содержании гумуса на исследованных участках наблюдаются на всю изученную глубину (до 50 см). Содержание гумуса уменьшается в ряду от 83-летней залежи к пашне. При сравнении данных, полученных Вальковым с соавт. [7], отмечено, что содержание гумуса на 83-летней залежи за последние 35 лет увеличилось на 30% и составляет 5.9%.

По сравнению с пахотным вариантом, содержание гумуса в слое 0–10 см на 83-летней залежи возрастает в 2.4 раза, а на 27- и 17-летней залежи увеличивается в 1.6 раз ($p < 0.05$). По профилю наблюдается более резкое уменьшение на 83-летней залежи, каждые 20–30 см в 1.5–2.0 раза. На пашне ввиду регулярной обработки с оборотом пласта профильное распределение не дифференцировано. На глубине 50 см содержание гумуса на 83-летней залежи выше, чем на пашне в 1.3 раза.

Запасы гумуса в горизонтах А + АВ увеличиваются также в ряду от пашни к целинному участку (табл. 1). Используя характеристику гумусного состояния почв по Орлову с соавт. [36], выявили, что содержание гумуса на залежных участках соответствует уровню ниже среднего, а на пахотном варианте отмечается малое содержание.

Активность инвертазы, так же, как и содержание гумуса, увеличивается в ряду от пашни к 83-летней залежи к пашне (рис. 2, А). На 83- и 27-летней залежи она больше в 2.1–2.2 раза, на 17-летней залежи — в 1.8 раз ($p < 0.05$). Это объясняется тем, что активность инвертазы в большей степени связана с содержанием гумуса ($r = -0.90$). Подобная зависимость ферментативной активности от содержания гумуса известна и по литературным данным [1, 12]. В глобальном масштабе Sinsabaugh et al. [71] обнаружили, что активность гидролаз более тесно связана с содержанием почвенного органического вещества, тогда как активность оксидаз более подвержена влиянию pH почвы.

Активности полифенолоксидазы и пероксидазы, в отличие от содержания гумуса и активности инвертазы, уменьшаются в ряду от 83-летней залежи к пашне (рис. 2, Б, В). Активность полифенолоксидазы на 83- и 27-летних залежах меньше на 18–21%, чем на пахотном участке, а активность пероксидазы уменьшается на 10–11%. Отличия между 17-летней залежью и пашней незначительны. Активность полифенолоксидазы по профилю вниз увеличивается с глубиной, исключение составляет 27-летняя залежь, где на глубине 50 см происходит ее уменьшение. Активность пероксидазы также увеличивается с глубиной, исключение составляют почвы 27- и 17-летних залежей, где с глубины 20 см она снижается. Полифенолоксидаза и пероксидаза играют важную роль в минерализации и образовании гумуса [37, 44, 50, 62, 63, 71, 78].

Для активности пероксидазы и полифенолоксидазы установлена достоверная обратная связь с содержанием гумуса ($r = -0.82$ и -0.79 соответственно).

Отмечены незначительные отличия каталазной активности между исследуемыми участками (рис. 2, Г). Наблюдается небольшое ее увеличение на глубине 20 см на 27-летней залежи. Каталаза оказалась малоинформативной при изучении процессов восстановления почв. Многолетние исследования ферментативной активности почв юга России не выявили прямой связи активности каталазы с общим содержанием гумуса [14, 19].

В пахотном варианте чернозема изменения показателей вниз по профилю более плавные. Это объясняется выравниваемостью условий в пахотном горизонте в результате его регулярного перемешивания при вспашке, культивировании и других сельскохозяйственных приемах, в резуль-

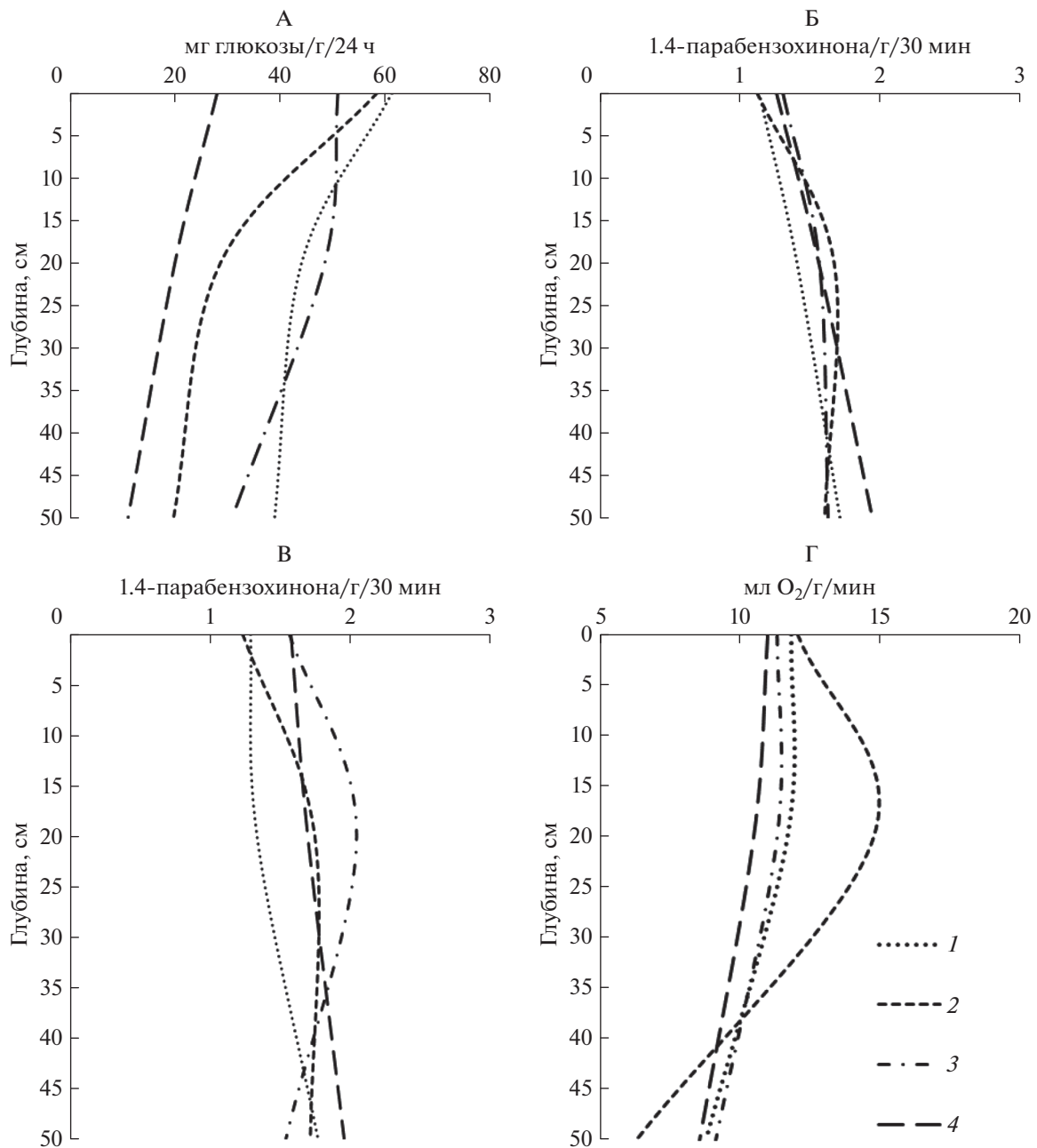


Рис. 2. Профильное распределение активности инвертазы (А), полифенолоксидазы (Б), пероксидазы (В) и каталазы (Г) в почвах залежей разных возрастов: 1 – 83-летней; 2 – 27-летней; 3 – 17-летней и пашни (4).

тате чего почвы пашни перестают дифференцироваться по слоям в отличие от целины.

Для более полного исследования залежных участков изучено пространственное варьирование биологической активности почвы методом трансекты в верхнем горизонте. Длина трансекты, проходящей с севера на юг через все участки, составляет 360 м с шагом (расстояние между точками) 10 м. Пространственное варьирование биологической активности чернозема на разновоз-

растных залежах отражено на рис. 3. В содержании гумуса отмечена тенденция уменьшения от старой залежи к пашне. Такая же тенденция характерна для активности инвертазы, но здесь наблюдаются не такие четкие различия между залежными участками. Видно, что наибольший размах варьирования биологических показателей характерен для залежи, находящейся на корневищно-злаковой стадии сукцессии (17–27 лет). Это связано с процессом восстановления почв, который протекает неравномерно на всем участке.

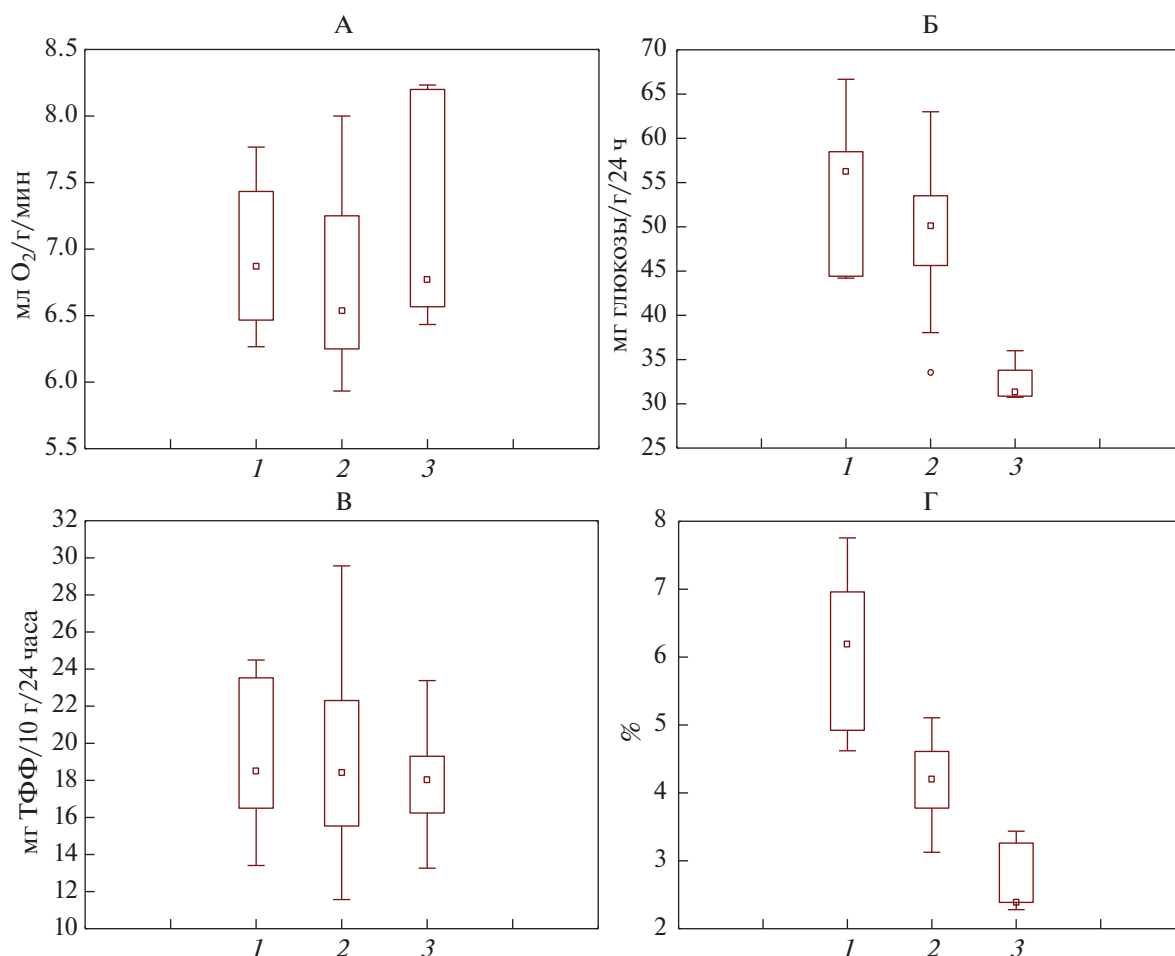


Рис. 3. Вариационно-статистические показатели биологических свойств (слой 0–10 см, $n = 36$): А – каталазы; Б – инвертазы; В – дегидрогеназы; Г – гумуса) в залежных черноземах: 1 – типчакковая стадия сукцессии, 2 – корневищно-злаковая стадия сукцессии, 3 – пашня.

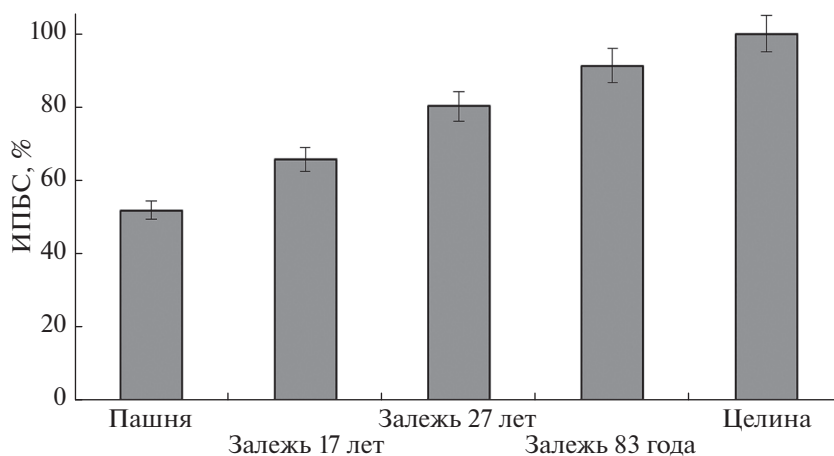


Рис. 4. ИПБС исследуемых почв.

Для оценки восстановления черноземов при залежном режиме использовали показатель ИПБС, определенный для верхнего горизонта почв. Можно отметить, что восстановление биологических

свойств происходит более интенсивно на ранних стадиях сукцессии: так, на 27-летней залежи ИПБС возрос на 28% по отношению к пашне, а на 83-летней залежи – на 39% и всего на 11% по

отношению к 27-летней залежи (рис. 4). Биологические параметры целинного участка ООПТ “Персиановская степь”, который является эталонным участком черноземов обыкновенных [13, 14, 19], имеют максимальные значения показателя ИПБС, которые вдвое превосходит пахотный участок. По мере увеличения возраста залежей значения ИПБС закономерно возрастают ($r = 0.99$). Однако на молодых залежах они все еще далеки от ИПБС эталонного участка степи. Только через несколько десятков лет залежного режима бывшего пахотного чернозема происходит практически полное восстановление значений ИПБС достигая 91%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В подзоне разнотравно-типчаково-ковыльных степей рядом с пос. Танаис Мясниковского р-на Ростовской обл. была исследована серия залежей с целью изучить изменения почвенно-растительного покрова и биологических свойств черноземов обыкновенных. Установлено, что время после прекращения аграрного воздействия является ключевым фактором изменения разнообразия биоты, физических свойств и биологической активности почв.

На исследованных участках можно выделить следующие стадии сукцессии: типчаковую — 83-летняя залежь, корневищно-злаковую — 27- и 17-летние залежи. Наибольшее сходство в флористическом составе отмечено между 27- и 17-летней залежами (коэффициент Жаккара равен 0.5). По запасу фитомассы все участки относятся к малопродуктивным.

В процессе зарастания пашни естественной растительностью происходит уменьшение плотности почв, снижение границ содержания карбонатов, pH почв изменяется от щелочной реакции среды на пашне до слабощелочной на 83-летней залежи. Твердость почвы на залежных участках увеличивается от молодой к старой залежи.

Содержание гумуса в слое 0–10 см за 83 года увеличилось в 2.4 раза, а за 17–27 лет в 1.6 раз. В почве 83-летней залежи отмечается более резкое уменьшение содержания гумуса вниз по профилю по сравнению с почвой пашни. Активность инвертазы в слое 0–10 см за 83 года увеличилась в 2.3 раза, а за 17 лет в 1.8 раз. Активность пероксидазы и полифенолоксидазы в отличие от содержания гумуса и активности инвертазы уменьшается, причем активность пероксидазы снижается сильнее. Отличия между 17-летней залежью и пашней по активности пероксидазы и полифенолоксидазы незначительны. Каталаза изменяется незначительно при восстановлении постагрогенных почв.

Наибольший размах варьирования биологических показателей наблюдается на залежи, находя-

щейся на корневищно-злаковой стадии сукцессии (17 и 27 лет).

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-3464.2018.11; НШ-2511.2020.11).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамян С.А.* Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов // Почвоведение. 1992. № 7. С. 70–82.
2. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / Под ред. Г.А. Романенко. М.: Росинформагротех, 2008. 64 с.
3. *Ананьева Н.Д., Стольников Е.В., Сусьян Е.А., Ходжаева А.К.* Грибная и бактериальная микробная биомасса (селективное ингибирование и продуцирование CO_2 и N_2O дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов // Почвоведение. 2010. № 11. С. 1387–1393.
4. *Афанасьева Е.А.* Черноземы Среднерусской возвышенности. М.: Наука, 1966. 224 с.
5. *Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Почикалов А.В., Кудяров В.Н.* Физические свойства и изменение запасов углерода серых лесных почв в ходе постагрогенной эволюции (юг Московской области) // Почвоведение. 2017. № 3. С. 345–353. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17030029>
6. *Базилевич Н.И., Родин Л.Е.* Типы биологического круговорота зольных элементов и азота в основных природных зонах Северного полушария // Генезис, классификация и картография почв СССР. М., 1964. С. 121–140.
7. *Вальков В.Ф., Казадаев А.А., Гайдамакина Л.Ф., Перемужова Л.А., Пелипенко О.Ф., Стаев А.А., Нечепуренко В.Э.* Биологическая характеристика чернозема обыкновенного // Почвоведение. 1989. № 7. С. 67–74.
8. *Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Очерки о плодородии почв. Ростов-на-Дону, 2001. 240 с.
9. *Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Эверест, 2008. 276 с.
10. *Высоцкий Г.Н.* Почвоведение. Мн.–Л., 1925. 9 с.
11. *Галстян А.Ш.* Унификация методов исследования активности ферментов почв // Почвоведение. 1978. № 2. С. 107–113.
12. *Глумов Г.А.* Исследование современной динамики естественного растительного покрова Южной лесостепи Зауралья. Дис. ... докт. биол. н. Л., 1953. 410 с.
13. *Гончарова Л.Ю., Безуглова О.С., Вальков В.Ф.* Сезонная динамика содержания гумуса и фермента-

- тивной активности чернозема обыкновенного карбонатного // Почвоведение. 1990. № 10. С. 86–96.
14. Даденко Е.В. Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв. Дис. ... канд. биол. н. Ростов-на-Дону, 2004, 158 с.
 15. Даденко Е.В., Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню // Почвоведение. 2014. № 6. С. 724–734.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14060021>
 16. Залесский К.М. Залежная и пастбищная растительность Донской области. Ростов-на-Дону: Изд-во Сенного отд. Дон. обл. прод. упр., 1918. С. 5–18.
 17. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 8 т. / Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ “Статистика России”, 2018. Т. 1: Основные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г.: кн. 1: Основные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Российской Федерации. 458 с.
 18. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федер. ун-та, 2012. 260 с.
 19. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биология почв Юга России. Ростов на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. 350 с.
 20. Караваева Н.А., Денисенко Е.А. Постагрогенные миграционно-мицелярные черноземы разновозрастных залежей южной лесостепи ЕТР // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1165–1176.
 21. Карелин Д.В., Горячкин С.В., Кудиков А.В., Лопес де Гереню В.О., Лунин В.Н., Долгих А.В., Люри Д.И. Изменение запасов углерода и эмиссии CO₂ в ходе постагрогенной сукцессии растительности на серых почвах в Европейской части России // Почвоведение. 2017. № 5. С. 580–594.
<https://doi.org/10.7868/80032180X17050070>
 22. Кечайкина И.О., Рюмин А.Г., Чуков С.Н. Постагрогенная трансформация органического вещества дерново-подзолистых почв // Почвоведение. 2011. № 10. С. 1178–1192.
 23. Комаров Н.Ф. Распашка степей и демутация травостоя и залежей. Смена растительности залежей, как эндодинамический процесс // Этапы и факторы эволюции растительного покрова черноземных степей. М.: Изд-во географ. лит-ры, 1951. С. 256–275.
 24. Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв. М.: МАКС Пресс, 2009. 576 с.
 25. Кунах О.Н., Балдин А.А. Экологический аспект твердости почвы в пристенной дубраве // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2011. Вип. 19. Т. 1. С. 65–74.
 26. Лавренко Е.М. Степи СССР // Растительность СССР. М.–Л., 1940. Т. 2. 265 с.
 27. Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.Н. Степи Евразии. Л.: Наука, 1991. 146 с.
 28. Литвинович А.В., Дричко В.Ф., Павлова О.Ю., Чернов Д.В., Шабанов М.В. Изменение кислотно-основных свойств окультуренных дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава в процессе постагрогенной трансформации // Почвоведение. 2009. № 6. С. 680–686.
 29. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX в. и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС М., 2010. 416 с.
 30. Люри Д.И., Карелин Д.В., Кудиков А.В., Горячкин С.В. Изменение почвенного дыхания в ходе постагрогенной сукцессии на песчаных почвах в южной тайге // Почвоведение. 2013. № 9. С. 1060–1072.
 31. Мигунова В.Д., Кураков А.В. Структура микробной биомассы и трофические группы нематод в дерново-подзолистых почвах постагрогенной сукцессии в южной Тайге (Тверская область) // Почвоведение. 2014. № 5. С. 584.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14050165>
 32. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: Гилем, 2012. 488 с.
 33. Мясникова М.А., Ермолаева О.Ю., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биологические особенности разновозрастных постагрогенных черноземов Ростовской области // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 722.
 34. Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Черникова М.П., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Козунь Ю.С. Биологические свойства разновозрастных постагрогенных черноземов Ростовской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2(2). С. 452–456.
 35. Никитин Б.А. Методика определения содержания гумуса в почве // Агрохимия. 1972. № 3. С. 123–125.
 36. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
 37. Петерсон Е.В., Курьяк Е.К. Свободная и связанная пероксидаза почв // Почвоведение. 1982. № 5. С. 60–67.
 38. Петриков А.В. Вступительное слово на открытии Всероссийской научной конференции // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного использования. М., 2008. С. 10–14.
 39. Полянская Л.М., Суханова Н.И., Чакмазян К.В., Звягинцев Д.Г. Особенности изменения структуры микробной биомассы почв в условиях залежи // Почвоведение. 2012. № 7. С. 792–798.
 40. Приходько В.Е., Чевердин Ю.И., Титова Т.В. Изменение форм органического вещества черноземов Каменной степи при разном использовании, местоположении и увеличении степени гидроморфизма // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1494–1504.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X13120095>
 41. Приходько В.Е., Манахов Д.В. Изменение органического вещества почв степного Зауралья при переводе в заповедный режим // Почвоведение. 2014. № 4. С. 401–410.
<https://doi.org/10.7868/S0032180X14020099>

42. Прудникова М.А., Даденко Е.В., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И. Биологические свойства залежных черноземов Ростовской области // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журн. КубГАУ). 2013. № 89(05). <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/17.pdf>
43. Разумовский С.М. Закономерности динамики биоценозов. М.: Наука, 1981. 231 с.
44. Русанов А.М., Анилова Л.В. Гумусообразование и гумус лесостепных и степных черноземов Южного Предуралья // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1184–1191.
45. Русанов А.М., Булгакова М.А. Экология естественного восстановления деградированных черноземов // Проблемы агрохимии и экологии. 2018. № 3. С. 65–69.
46. Русанов А.М., Тесля А.В. Изменение основных свойств степных черноземов как результат их постагрогенной трансформации // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2012. № 6. С. 98–102.
47. Русанов А.М., Тесля А.В., Саягфарова А.М. Восстановление гумусного состояния степных черноземов под многолетней залежью // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 12(131). С. 132–134.
48. Семенов В.М., Лебедева Т.Н., Паутова Н.Б. Дисперсное органическое вещество в необрабатываемых и пахотных почвах // Почвоведение. 2019. № 4. С. 440–450.
49. Смелянский И. Сколько в степном регионе России залежей? // Степной бюллетень. 2012. № 36.
50. 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>
51. Телеснина В.М., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Овсепян Л.А., Личко В.И., Ермолаев А.М., Мишин Д.М. Динамика свойств почв и состава растительности в ходе постагрогенного развития в разных биоклиматических зонах // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1514–1534. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17120115>
52. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. 244 с.
53. Трушков А.В., Одабашиян М.Ю., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Изменение содержания органического вещества в постагрогенных почвах Ростовской области // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 1. С. 53–57.
54. Флора Восточной Европы. СПб.: Мир и семья, 1996. Т. IX. 456 с.; 2001. Т. X. 670 с.; 2004. Т. XI. 536 с.
55. Флора Нижнего Дона / Под ред. Г.М. Зозулина, В.В. Федяевой. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1984. Т. 1. 280 с.
56. Флора Нижнего Дона / Под ред. Г.М. Зозулина, В.В. Федяевой. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского ун-та, 1985. Т. 2. 240 с.
57. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
58. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 1990. 189 с.
59. Хитров Н.Б., Апарин Б.Ф., Карманов И.И., Булгаков Д.С., Молчанов Э.Н., Рожков В.А., Лойко П.Ф., Столбовой В.С. Сокращение пахотных угодий и посевных площадей в России, агроэкологическая оценка их состояния перспективы дальнейшего использования, задачи нормативно-правового и научного обеспечения рационального использования и охраны земель // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного использования. М., 2008. С. 14–29.
60. Черепанов К.С. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.
61. Щербакова Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Мн.: Наука и техника, 1983. 220 с.
62. Якушев А.В., Кузнецова И.Н., Благодатская Е.В., Благодатский С.А. Зависимость активности полифенолпероксидаз и полифенолоксидаз в современных и погребенных почвах от температуры // Почвоведение. 2014. № 5. С. 590–597. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14050268>
63. Bronick C.J., Lal R. Soil structure and management. P. A review // Geoderma. 2005. V. 124. P. 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
64. Deng L., Shangguan Zh.-P., Sweeney S. Changes in Soil Carbon and Nitrogen following land abandonment of farmland on the Loess Plateau, China // PLoS One. 2013. V. 8(8). e71923. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071923>
65. Heikkinen Ja., Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Palo-suo T., Regina K. Changes in soil carbon stock after cropland conversion to grassland in Russian temperate zone: measurements versus model simulation // Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2014. V. 98. Iss. 1. P. 97–106.
66. Kalinina O., Chertov O., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Vormstein S., Giani Luise Self-restoration of postagrogenic Stagnic Albeluvisols: Soil development, carbon stocks and dynamics of carbon pools // Geoderma. 2013. V. 207–208. P. 221–233.
67. Kalinina O., Giani L., Goryachkin S.V., Lyuri D.I. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. V. 129. P. 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>
68. Lopes de Gerenyu V.O., Kurganova I.N., Kuzyakov Ya. Carbon pool and sequestration in former arable chernozems depending on restoration period // Ekologija. 2008. V. 54(4). P. 232–238.
69. Sileika A.S., Stalnacke P., Kutra S., Gaigalis K., Berankiene L. Temporal and spatial variation of nutrient levels in the Nemunas River (Lithuania and Belarus) // Environmental Monitoring and Assessment. 2006. V. 122. P. 335–354.

70. *Sinsabaugh R.I.* Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil // *Soil Boil. Biochem.* 2010. V. 47. № 3. P. 391–404.
71. *Sinsabaugh R.L., Lauber C.L., Weintraub M.N., Ahmed B., Allison S.D., Crenshaw C., Contosta A.R., Cusack D., Frey S., Gallo M.E., Gartner T.B., Hobbie S.E., Holland K., Keeler B.L., Powers J.S., Stursova M., Takacs-Vesbach C., Waldrop M.P., Wallenstein M.D., Zak D.R., Zeglin L.H.* Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale // *Ecology Letters.* 2008. V. 11. P. 1252–1264.
72. *Smith J., Smith P., Wattenbach M., Gottschalk P., Romanenkov V.A., Shevtsova L.K.* Projected changes in the organic carbon stocks of cropland mineral soils of European Russia and the Ukraine, 1990–2070 *Global Change Biology.* 2007. V. 13. P. 342–356.
73. *Susyan E., Wirth S., Ananyeva N.D., Stolnikova E.V.* Forest succession on abandoned arable soils in European Russia – Impacts on microbial biomass, fungalbacterial ratio, and basal CO₂ respiration activity // *European J. Soil Biology.* 2011. V. 47. P. 169–174.
74. *van der Wal A., van Veen J.A., Smant W., Boschker T.S., Bloem J., Kardol P., van der Putten W.H., de Boer W.* Fungal biomass development in a chronosequence of land abandonment // *Soil Boil. Biochem.* 2006. V. 38. P. 51–60.
75. *Vladychenskii A.S., Telesnina V.M., Rumyantseva K.A., Chalaya T.A.* Organic matter and biological activity of postagrogenic soils in the Southern Taiga using the example of Kostroma Oblast // *Eurasian Soil Sci.* 2013. V. 46(5). P. 518–529.
76. *Wang B., Bin Liu G., Xue Sh., Zhu B.* Changes in soil physico-chemical and microbiological properties during natural succession on abandoned farmland in the Loess Plateau // *Environ Earth Sci.* 2011. V. 62. P. 915–925.
<https://doi.org/10.1007/s12665-010-0577-4>
77. *Zavarzina A.G.* Heterophase synthesis of humic acids in soils by immobilized phenol oxidases // *Soil Enzymology.* Berlin: Springer-Verlag. 2011. P. 187–205.

Change of Vegetation Cover and Biological Properties of Chernozems in the Postagrogenic Period

M. A. Azarenko (Myasnikova)^{1,*}, K. Sh. Kazeev¹, O. Yu. Yermolayeva¹, and S. I. Kolesnikov¹

¹*Southern Federal University, B. Sadovaya Str., 105/42, Rostov-on-Don, 344006 Russia*

**e-mail: margarita_prudnikova@mail.ru*

Changes in the soil cover and biological properties of ordinary chernozems in the natural succession sequence of laylands differing in age in Rostov oblast have been studied. With the increase of the layland regime, the species diversity of vegetation cover and the humus content in soil increase, while the relative rate of soil biological properties decreases. During 83 years of layland regime the soil compaction increases, the density decreases by 15%, pH values decrease from 8.1 to 7.3. Humus content in 0–10 cm layer increases 2.4 times during this period, invertase activity increases 2.3 times. The activity of peroxidase and polyphenol oxidase decreases. The integral value of the biological state on the 27 and 83 years old layland cropland increased vs. the cropland by 32 and 45%, respectively.

Keywords: steppe zone, deposit, humus, enzymatic activity, agricultural use, Haplic Chernozems