

## ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 631.445.24:631:42

### СОВРЕМЕННЫЕ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

© 2021 г. А. В. Леднев<sup>а</sup>, \*, А. В. Дмитриев<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН, ул. Т. Барамзиной, 34, Ижевск, 426067 Россия

<sup>б</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Студенческая, 11, Ижевск, 426069 Россия

\*e-mail: av-lednev@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.08.2020 г.

После доработки 23.12.2020 г.

Принята к публикации 28.12.2020 г.

Выявлены закономерности течения современных почвообразовательных процессов в зависимости от периода зарастания, элементов рельефа и степени окультуренности залежных земель. Основным объектом исследований явились агродерново-подзолистые реградированные почвы (Albic Glossic Retisols (Loamic, Cutanic, Ochric)) с разным периодом зарастания, различного уровня плодородия, гранулометрического состава, расположенные на транзитных и аккумулятивных элементах ландшафта. Их изучение проведено с помощью экспедиционных почвенно-экологических обследований территории Удмуртской Республики и в многолетнем стационарном полевом опыте. Установлено, что все основные изменения в залежных землях происходят в бывшем пахотном горизонте, который дифференцируется на 2 подгоризонта. В верхней части которого (слой 0–10 см) активизируется процесс гумусообразования, приводящий к увеличению содержания гумуса, суммы обменных оснований и коэффициента структурности. В нижней части пахотного слоя (10–20 см) активизируется зональный подзолистый процесс, в результате которого уменьшается его гумусированность и показатель суммы обменных оснований, увеличивается кислотность. После 40 лет зарастания эти подслои по комплексу своих свойств приближаются к гор. АУ (серогумусовому) и ЕL (элювиальному) целинных почв. Изменение всех показателей в процессе зарастания подчиняется определенной стадийности. Наиболее интенсивно процесс дифференциации бывшего пахотного слоя наблюдается в почвах, расположенных на транзитных элементах катены. Аккумулятивные элементы катены за счет более благоприятных условий увлажнения характеризуются большей продуктивностью биоценозов и лучшими условиями для развития гумусообразования. Процесс дифференциации бывшего пахотного горизонта активнее протекает в почвах с повышенной и высокой степенями окультуренности.

*Ключевые слова:* залежь, период зарастания, агроландшафты, степень окультуренности почв, Albic Retisol

DOI: 10.31857/S0032180X2107008X

#### ВВЕДЕНИЕ

По данным официальной статистики Министерства сельского хозяйства Российской Федерации в настоящее время в структуре сельскохозяйственных угодий залежные земли занимают 4319.2 тыс. га [6]. Необрабатываемая пашня перестает быть средством производства, и с каждым годом для введения в оборот этих земель будет требоваться все больше и больше материальных и финансовых ресурсов. Часть этой площади можно считать потерянной фактически безвозвратно, и этот процесс продолжается — 31% бывшей пашни застарело и зарастает лесом, около 9% — подвержено эрозии и 2% — заболочено и подтоплено. В настоящее время идет положительная

тенденция возврата залежных земель в сельскохозяйственное активное использование. За последние 5 лет площади залежных земель в РФ сократились на 403.0 тыс. га, в Приволжском федеральном округе, куда входит Удмуртия — на 15.5 тыс. га [5, 6]. При этом площадь пашни в РФ увеличилась на 1245.3 тыс. га, Приволжском федеральном округе — на 321.7 тыс. га, а в Удмуртской Республике сократилась на 66.9 тыс. га [8].

Зарастание сельскохозяйственных угодий способствует сокращению общей продуктивности угодий. В отдельных случаях смена вида использования земель, особенно в лесной зоне, может улучшать экологическое состояние эрозионно-опасных территорий и плодородие почв. Кроме того,

положительным моментом восстановления природных экосистем на залежных землях является секвестрация углерода, интенсивность которой зависит от множества условий, таких как возраст залежи, ее видовой состав, почвенная зона и др. [11, 12, 23, 40–49].

Особый интерес вызывают дерново-подзолистые почвы постагрогенных экосистем южной тайги, так как на эту зону приходится 45% площади залежей России [23].

Превратившиеся в залежь пахотные земли подвергаются зарастанию сорной травяной растительностью и в дальнейшем кустарниками и деревьями, заболочиванию и прочим естественным природным процессам, что приводит к изменению направленности и интенсивности элементарных процессов почвообразования. Все это обуславливает изменение морфологических признаков агрогенных почв, основных их свойств и технического состояния земельных участков [17–21, 33, 34].

В настоящее время накоплен значительный эмпирический материал по влиянию различных природных и антропогенных факторов на характер и скорость смены растительности в зависимости от природных условий и вида использования постагрогенных почв, детально выявлены стадии их зарастания [19, 28]. Влияние смены характера землепользования на окислительно-восстановительные процессы, на изменения запасов углерода и его фракционный состав в почвах обсуждался [1, 9, 13, 14, 26, 30, 32–39]. В литературе достаточно хорошо освещены изменения пищевого режима [4], физико-химических [7, 9, 10, 22, 31], агрофизических показателей [20, 25], микробиологической и ферментативной активности почв разных типов землепользования [11, 12]. Тем не менее, имеется целый ряд недостаточно хорошо изученных или имеющих спорный характер вопросов. В частности, не отражено влияние агроландшафтных условий, гранулометрического состава и исходной степени окультуренности на течение современных почвообразовательных процессов в постагрогенных почвах.

Цель исследований – выявить закономерности течения процесса почвообразования в постагрогенных дерново-подзолистых почвах в зависимости от комплекса природных и антропогенных факторов.

Выявление этих закономерностей имеет большую практическую значимость, так как позволит принимать научно обоснованные решения об использовании залежных земель в сельскохозяйственном производстве, в том числе при их возвращении в пашню. Актуальность этих исследований с каждым годом возрастает, так как, начиная с 2010 г., в РФ наметилась тенденция постепенного вовлечения залежей в сельскохозяйственное использование.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Основным объектом исследований явились агродерново-подзолистые реградированные почвы [15] (Albic Glossic Retisols (Loamic, Agric, Cutanic, Ochric)) различного уровня плодородия, средне- и легкосуглинистого гранулометрического состава, находящихся на разных периодах зарастания, расположенных на различных звеньях катены.

Исследования проводили в 2013–2016 гг. с помощью экспедиционных почвенно-экологических обследований территории Удмуртской Республики и в 2015–2019 гг. в многолетнем стационарном полевом опыте.

Климат умеренно-континентальный с продолжительной холодной многоснежной зимой и довольно жарким коротким летом. В среднем за год выпадает 491 мм осадков, причем на холодное время их приходится 30–35%, а на теплое 65–70%. Сумма активных температур – 1700–2000°C, коэффициент увлажнения (по Высоцкому–Иванову) – 1.0–1.4 [16]. Рельеф представляет собой увалистую равнину с хорошо выраженной овражно-балочной сетью. Преобладающими почвообразующими породами являются покровные глины и суглинки элювиально-делювиального и делювиально-солифлюкционного происхождения.

Территория Удмуртии отнесена к таежно-лесной зоне, северная ее часть – к подзоне южной тайги, а южная – к подзоне широколиственно-хвойных лесов [16].

Во время почвенно-экологического обследования территории Удмуртской Республики были заложены ключевые площадки для изучения свойств залежных земель, отвечающие строго определенным требованиям. Они располагались: 1) на дерново-подзолистых почвах (Albic Glossic Retisols (Loamic, Cutanic, Ochric)), типичных для условий южно-таежной зоны; 2) в разных частях катены (элювиальной, транзитной, аккумулятивной); 3) на достаточно близком расстоянии (не превышающем 100 м) на каждой из частей катены присутствовали 3 вида угодий (пашня, залежь и лес). На пашне изучали свойства агрогенно-измененных почв, в лесу – свойства естественных природных почв, а на залежи – степень наложения природного (зонального) процесса почвообразования на агрогенно-измененные почвы. Для выявления стадийности процесса зарастания пашни ключевые площадки располагали на разновозрастных залежах.

На каждой ключевой площадке были заложены по 3 почвенных полуразреза на глубину 100 см (на пашне, залежи и в лесу) с подробным описанием их морфологических признаков. Из генетических горизонтов были отобраны почвенные образцы для определения агрохимических и агрофизических показателей, а из пахотного и бывшего

**Таблица 1.** Агрохимические показатели слоя почвы 0–20 см до зарастания (опытное поле Удмуртского НИИСХ (УдмФИЦ УРО РАН) Завьяловский район Удмуртской Республики), 2014 г.

Уровень плодородия	Показатель почвенного плодородия	Органическое вещество, %	рН <sub>KCl</sub>	Физико-химические свойства, смоль(экв)/кг		Подвижные формы, мг/кг	
				гидролитическая кислотность	сумма обменных оснований	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Средний	0.73	1.78 ± 0.18	5.25 ± 0.07	2.75 ± 0.21	10.7 ± 0.5	213 ± 13	148 ± 68
Повышенный	0.83	2.26 ± 0.11	5.40 ± 0.23	2.80 ± 0.80	12.1 ± 0.7	303 ± 20	116 ± 31
Высокий	0.92	2.48 ± 0.07	5.47 ± 0.40	2.97 ± 0.29	12.6 ± 0.5	357 ± 15	130 ± 32

пахотного образцы отбирали по слоям 0–10 и 10–20 см. На ключевых участках вокруг каждого полуразреза заложена пробная площадка размером 10 × 10 м, на которой проведено геоботаническое описание и определен запас надземной фитомассы травяного яруса. Для обсуждения результатов выносятся исследования 13 ключевых участков транзитных элементов катены и 17 – аккумулятивных, период зарастания которых колебался от 5 до 40 лет и от 8 до 80 соответственно. Участки расположены на территории Завьяловского, Якшур-Бодьинского и Малопургинского районов Удмуртской Республики.

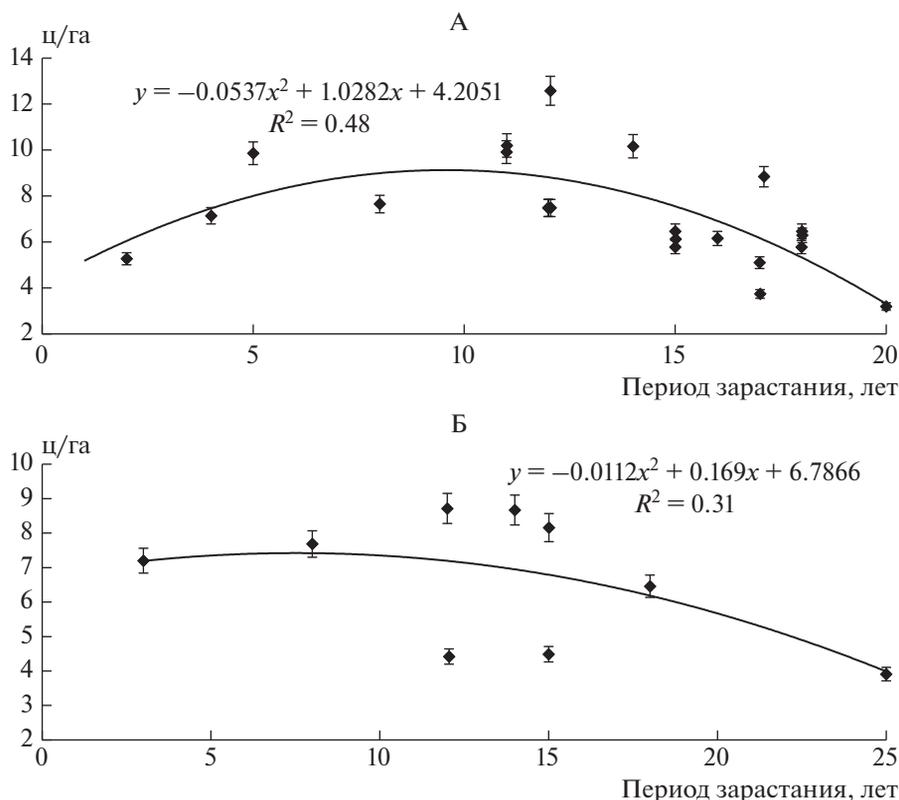
Изучение влияния исходного уровня плодородия на свойства залежных земель проведено на базе многолетнего полевого опыта, расположенного на опытном поле Удмуртского НИИСХ (УдмФИЦ УРО РАН), примыкающего к с. Первомайский Завьяловского района Удмуртской Республики. В течение трех ротаций семипольного парозерно-травяного севооборота исследовали разные виды паров и биоресурсов (сидератов, соломы, пожнивных остатков, органических удобрений). В опыте сформированы разные уровни окультуренности дерново-подзолистых почв: 1) средний, 2) повышенный и 3) высокий. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка представлена в табл. 1. Для оценки уровня плодородия использовали показатель почвенного плодородия [27], который рассчитывался как среднее соотношение фактических значений четырех агрохимических показателей (обменная кислотность почвы, содержание гумуса, содержание подвижных форм фосфора и калия) к их оптимальным значениям для каждого типа почв и посевов сельскохозяйственных культур в Удмуртской Республике (обменная кислотность – 6.0 ед. рН, содержание органического вещества – 3.0%, подвижных форм фосфора и калия – 250 мг/кг). Опыт заложен в четырехкратной повторности, размер опытной делянки – 18 × 16 = 288 м<sup>2</sup>. В 2015 г. часть делянок в этом опыте оставлена для естественного зарастания. В 2019 г. проведена механическая обработка вариантов с залежью.

Почвенные и растительные образцы проанализированы в биохимических лабораториях Удмуртского НИИСХ и Ижевской ГСХА: обменная кислотность (потенциометрическим методом, ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность (по Каппену в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91), сумма обменных оснований (по методу Каппена, ГОСТ 27821-88), содержание органического вещества (по Тюрину в модификации ЦИНАО ГОСТ 26213-91, подготовку почвенной пробы проводили с использованием наэлектризованной стеклянной палочки), подвижные фосфор и калий (по Кирсанову в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207-91), плотность почвы буровым методом [2], структура почвы методом сухого просеивания [2], влажность почвы методом высушивания (ГОСТ 28268-89), определение структуры урожайности [23], геоботаническое описание ключевых площадок [4]. Стратификационное отношение (SR) рассчитывалось как отношение запасов органического углерода в слоях 0–10 и 10–20 см. При обсуждении результатов использовали разницу показателей фактического свойства почвы залежи (леса) и пашни, взятой в качестве контроля.

Математическая обработка результатов исследований включала дисперсионный анализ и выполнялась с использованием прикладных программ Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Динамика растительности.** Ведущим фактором, определяющим течение процесса почвообразования в постагрогенных почвах, является характер растительности (ее общая биомасса и видовой состав). Обобщенный анализ ботанического состава разновозрастных травостоев залежных земель ключевых участках подтверждает наличие стадийности зарастания, отмеченное в целом ряде работ [19, 28, 34]. В первый период зарастания (до 5 лет) формируются злаково-бобово-разнотравные ассоциации, видовое разнообразие которых определялось исходным видовым составом агроценозов (последней выращиваемой культурой и сопутствующими ей сорняками), с преобладанием в



**Рис. 1.** Влияние периода зарастания на продуктивность травянистой растительности (ц воздушно-сухого материала/га) постагрогенных дерново-подзолистых почв. Здесь и далее на рисунках звенья катены: А – транзитное, Б – аккумулятивное.

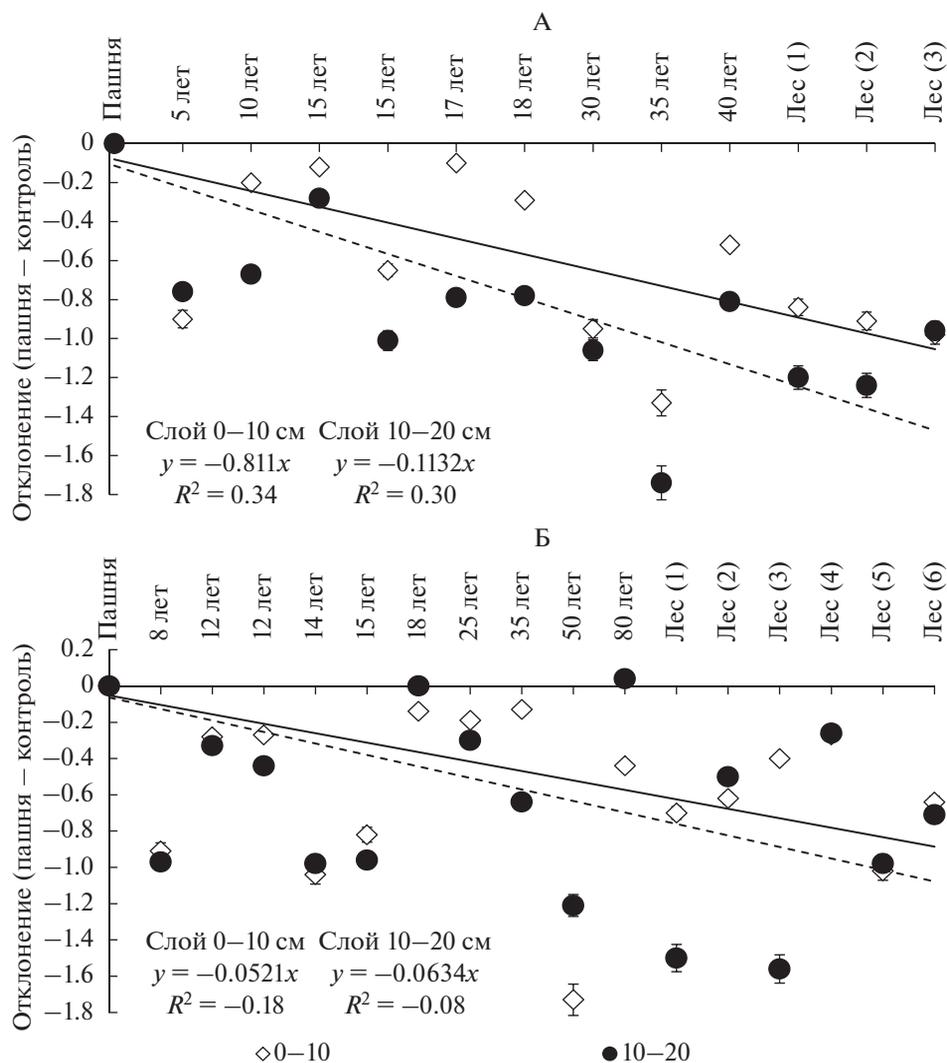
составе травостоя корневищных сорняков (в порядке убывания количества): *Elytrigia repens* L. Desv. ex Nevski, *Medicago hybridum* L., *Trifolium hybridum* L., *Dactylis glomerata* L., *Galium mollugo* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Cichorium intybus* L., *Viola tricolor* L. Во второй период (5–10 лет) отмечено выпадение из травостоя бобовых растений, которые сменяются разнотравьем: *Apera spica-venti* L., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Artemisia absinthium* L., *Convolvulus arvensis* L., *Prunella vulgaris* L., *Rumex patientia* L., *Hypericum perforatum* L., *Potentilla anserina* L., *Elytrigia repens* L. Desv. ex Nevski. Третий период (10–20 лет) характеризуется появлением бобовых, но уже менее требовательных к почвенным условиям – *Trifolium repens* L. и *Equisetum sylvaticum* L., *Fragaria viridis* W. В этот период участки постепенно зарастают древесно-кустарниковой растительностью, в первую очередь сосной, березой и осинной. После того, как кроны древесных пород полностью смыкаются, начинается четвертый период зарастания. Наиболее часто он наступает после 20 лет полного прекращения сельскохозяйственного использования пашни. В составе травостоя начинает резко преобладать лесное разнотравье.

Исследования проводили на землях сельскохозяйственного назначения, поэтому при определе-

нии продуктивности учитывали только травяную растительность.

Зависимость продуктивности травянистой растительности от периода зарастания залежных земель показано на рис. 1. Установлено, что наиболее продуктивными оказались залежные земли транзитных элементов рельефа (А), имеющие период зарастания 11–12 лет, продуктивность которых составляла 7.5–12.6 ц воздушно-сухого материала/га. Дальнейшее зарастание земель приводит к значительному уменьшению продуктивности травяной и резкому увеличению продуктивности древесно-кустарниковой растительности, что обуславливает резкое увеличение затрат в случае освоения залежных земель под сельскохозяйственные угодья. Увеличение продолжительности зарастания оказало значимое влияние на снижение продуктивности ( $t_b 3.15 > t_{05} 2.20$ ).

Положение залежи на разных звеньях катены не оказало выраженного влияния на общий характер стадийности смены биоценозов в процессе зарастания, но в значительной степени определял конкретный ботанический состав растительности залежных участков и ее продуктивность. На аккумулятивных элементах катены (Б) максимальная продуктивность залежных биоценозов наблюда-



**Рис. 2.** Отклонения от контроля (пашни) величин  $pH_{KCl}$  дерново-подзолистых суглинистых почв в зависимости от периода зарастания, ед.  $pH_{KCl}$ .

лась в первые годы зарастания – 4.4–8.7 ц воздушно-сухого материала/га, в дальнейшем она постепенно уменьшалась ( $t_0 2.65 > t_{05} 2.13$ ). В целом количество учитываемой биомассы было на 10–30% меньше продуктивности биоценозов залежей транзитных элементов рельефа. Кроме того, процесс их зарастания древесной растительностью протекал более активно и занимал меньше времени. В ботаническом составе преобладали *Leucanthemum vulgare* Lam., *Galium aparine* L., *Artemisia vulgaris* L., *Cepis tectorum* L., *Tussilago farfara* L., *Veronica chamaedrys* L., *Hypericum perforatum* L., *Asarum europaeum* L., *Carex acuta* L., *Vicia cracca* L., *Fragaria vesca* L.

#### Изменение физико-химических показателей почв.

Произрастание на пашне в течение длительного периода сорной травянистой, а, впоследствии, и древесной растительности, привело к изменениям свойств агродерново-подзолистых почв. Так как

почвы ключевых участков и вариантов опыта значительно отличались между собой уровнем плодородия, для выявления закономерностей влияния процесса зарастания на отдельные показатели физико-химических свойств, все они сравнивались с аналогичными показателями почв пашни, которые принимали за контроль.

Влияние процесса зарастания на изменение величины  $pH_{KCl}$  показано на рис. 2. Установлено, что на транзитных частях катены (А) в процессе зарастания происходила тенденция смещения кислотно-щелочного баланса в кислую сторону. Это связано с неблагоприятными условиями разложения органического вещества опада в поверхностном слое почвы (в связи с его регулярным пересыханием), которое способствовало накоплению в нем кислых промежуточных продуктов разложения (низкомолекулярных органических кислот). Кроме того, прекращение внесения удобрений и

известно приводит к тому, что в почве начинают формироваться гумусовые вещества с более выраженным кислотным характером. Повышение почвенной кислотности в процессе зарастания наблюдается в основном в таежно-лесной зоне; эта закономерность отмечена и другими исследователями [5, 20, 28]. После пятилетнего периода зарастания начала проявляться дифференциация первоначально однородного пахотного слоя на два подслоя. В нижней части бывшего пахотного слоя (слой 10–20 см) подкисление протекало интенсивнее, что связано с более активным кислотным гидролизом из-за лучших условий увлажнения (для транзитных элементов катены слоя 10–20 см средний показатель подкисления составил  $0.93 \pm 0.36$ , для слоя 0–10 см элементов катены  $0.64 \pm 0.44$ ,  $SR = 1.06$ ). Начиная с 30-летнего периода зарастания, почвенная кислотность бывшего пахотного слоя приблизилась к целинной лесной почве. Уравнение тренда выявило среднюю обратную корреляционную связь между величиной  $pH_{KCl}$  и периодом зарастания в слое почвы 0–10 см (коэффициент корреляции  $-0.60$ ) и 10–20 см (коэффициент корреляции  $-0.548$ , при  $P_{95}$ ).

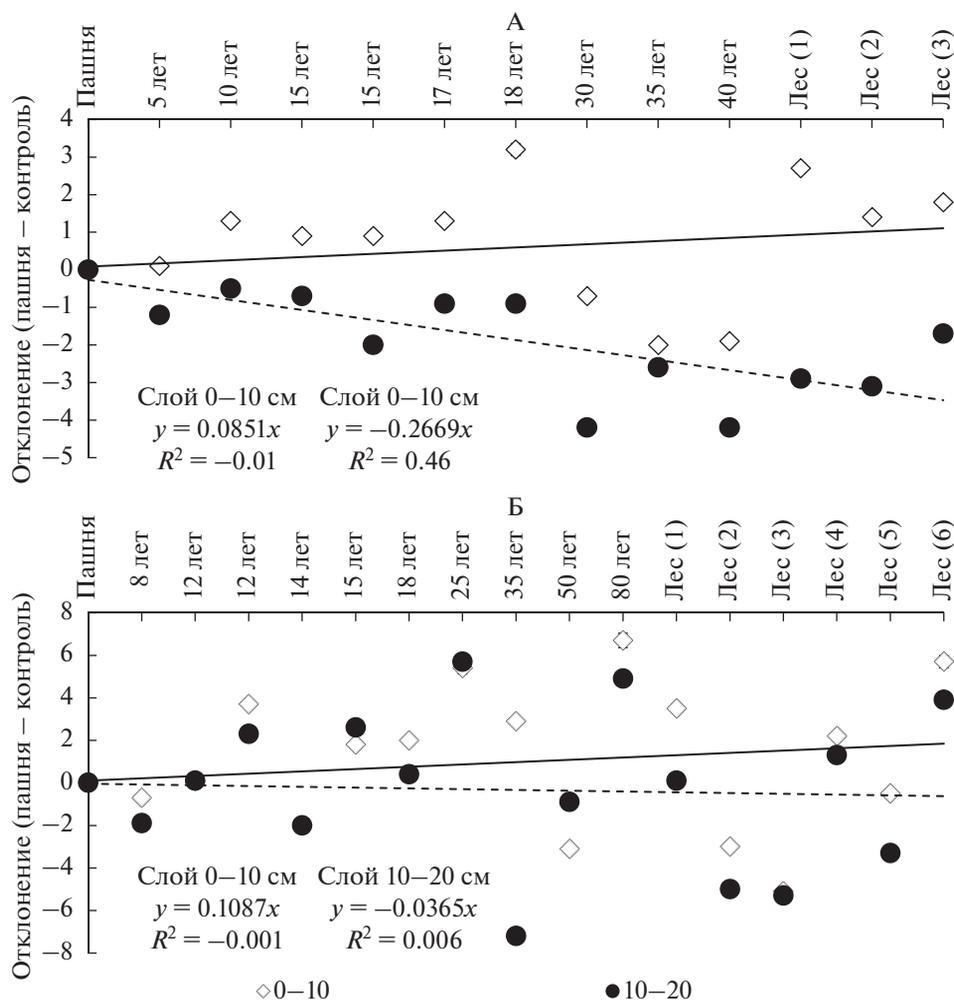
В почвах аккумулятивных частей катены (Б) смещение кислотно-щелочного баланса в кислую сторону в пахотном слое в процессе зарастания протекало менее интенсивно, особенно в слое 10–20 см. Это в первую очередь связано с более благоприятными по увлажнению условиями развития травянистой растительности, что способствовало лучшему развитию в бывшем пахотном слое процесса гумусообразования. Кроме того, на эти части катены с поверхностными и внутрипочвенными водами поступали катионы оснований с транзитных элементов рельефа. Дифференциация пахотного слоя по величине  $pH_{KCl}$  проявлялась в аккумулятивных частях катены не так четко или отсутствовала (для транзитных элементов катены слоя 10–20 см средний показатель подкисления составил  $0.69 \pm 0.44$ , для слоя 0–10 см элементов катены  $0.54 \pm 0.43$ ,  $SR = 1.02$ ).

Влияние периода зарастания и ландшафтных условий на показатель суммы обменных оснований показано на рис. 3. Именно этот показатель определяет в почвах буферные свойства, параметры поглощения различных элементов, в том числе и элементов минерального питания ( $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и др.). Представленные данные свидетельствуют, что процесс зарастания оказал наибольшее влияние на изменение суммы обменных оснований в верхнем (0–10 см) подслое бывшего пахотного горизонта. В почвах транзитных частей катены, установлено наличие определенной стадийности в изменении этого показателя. Выделяются 4 основных периода: продолжительность *первого периода* – первые 5 лет зарастания. Сумма обменных оснований в слое 0–10 см практически

не отличается от такового показателя пахотной почвы. Продолжительность *второго периода* – от 5 до 20 лет зарастания. В этот период сумма обменных оснований в слое 0–10 см постепенно увеличивается по сравнению с аналогичным слоем контрольной пахотной почвы и достигает максимума на 18-й год (превышение с контрольной почвой – 3.8 смоль(экв)/кг или 35%). Это объясняется накоплением гумуса под действием хорошо развитой травяной растительности, которая достигает максимума своей биологической продуктивности (рис. 1). Продолжительность *третьего периода* – от 20 до 40 лет. Наблюдается уменьшение суммы обменных оснований в слое 0–10 см; ее величина постепенно становится меньше, чем в пахотных аналогах. Это явление объясняется тем, что происходит интенсивное зарастание залежи лесной растительностью и постепенно формируются типичные лесные биоценозы). В *четвертый период* наблюдается на залежных участках с периодом зарастания более 40 лет и на целинных лесных участках (на ненарушенных агрогенным воздействием почвах). Сумма обменных оснований в слое 0–10 см почв на 1.5–2.5 смоль(экв)/кг (или на 14–26%) больше, чем в таком же слое их пахотных аналогов. Это объясняется тем, что на таких участках расположены давно сформировавшиеся лесные биоценозы, у которых ежегодный приход элементов (в том числе и катионов оснований) с опадом не уступает их выносу из почвы в процессе минерализации.

В слое 10–20 см залежных почв хорошо просматривается другая закономерность – в процессе зарастания происходит постепенное уменьшение суммы обменных оснований по сравнению с таким же слоем пахотных аналогов. Постепенно увеличивается дифференциация по этому показателю бывшего пахотного слоя на два подслоя: 0–10 и 10–20 см. Эта закономерность объясняется двумя причинами: во-первых, активизацией в слое 10–20 см залежных почв процессов кислотного гидролиза; во-вторых, относительным обеднением оснований за счет биогенного накопления их в слое 0–10 см. Коэффициент корреляции, равный 0.68, подтвердил тесную корреляционную связь между показателем суммы обменных оснований и периодом зарастания для слоя почвы 10–20 см ( $t_b 3.08 > t_{05} 2.20$ ). При этом  $SR$  достигал значений 1.32–1.36. Максимальная дифференциация по этому показателю наблюдается в целинных почвах и связана с наличием в них горизонтов  $AU$  и  $EL$ .

В почвах аккумулятивных частей катены стадийность в изменении суммы обменных оснований в процессе зарастания отсутствовала. Линия тренда свидетельствовала о небольшом постепенном увеличении этого показателя в слое 0–10 см залежных почв ( $t_b 0.38 < t_{05} 2.13$ ) и сохранении его

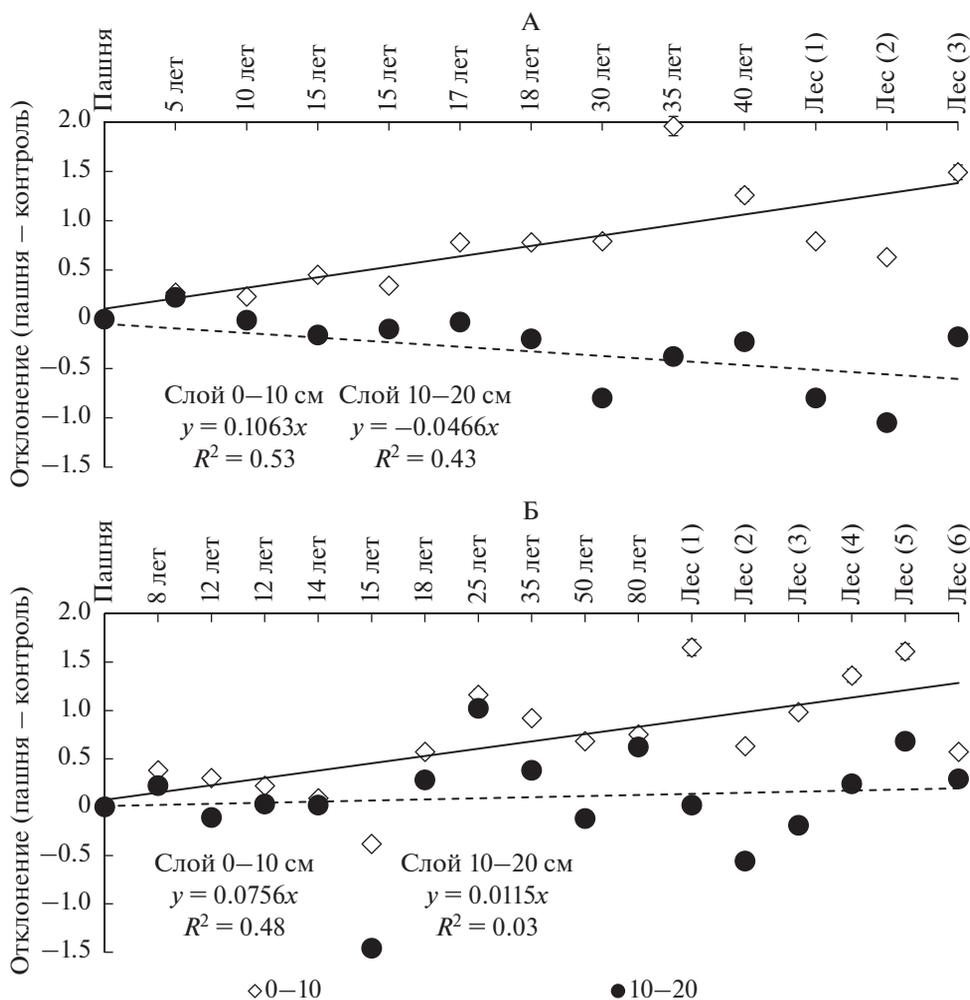


**Рис. 3.** Отклонения от контроля (пашни) показателя суммы обменных оснований (смоль(экв)/кг почвы) дерново-подзолистых суглинистых почв в зависимости от периода зарастания.

на уровне действующей пашни в слое 10–20 см ( $t_b 0.30 < t_{05} 2.13$ ). Дифференциация по этому показателю бывшего пахотного слоя на два подслоя в большинстве случаев не выражена. Все это подтверждает более интенсивное гумусонакопление в почвах аккумулятивных звеньев катены, по сравнению с транзитными.

**Содержание гумуса в почвах.** Влияние периода зарастания на содержание гумуса в залежных землях показано на рис. 4. Приведенные данные свидетельствуют о наличии стадийности в изменении этого показателя по годам в почвах, расположенных на транзитных частях катены. *Первый период* продолжается первые 10 лет. Происходит постепенное увеличение содержания гумуса как в слое 0–10 см, так и слое 10–20 см бывшего пахотного слоя. Параметры увеличения небольшие, не превышали 0.2–0.3 абс. %. Дифференциация бывшего пахотного слоя на подгоризонты по содержанию гумуса начала проявляться в конце первого

периода. Продолжительность *второго периода* – 10–30 лет после начала зарастания. Происходит дальнейшее увеличение содержания гумуса в слое 0–10 см, к концу периода оно уже на 1.0–1.5 абс. % превышало исходные показатели (на пашне). В слое 10–20 см его количество, наоборот, стало уменьшаться и, начиная с 17-летнего возраста залежи, было меньше, чем в аналогичном слое пахотных почв. За счет этих процессов резко увеличилась дифференциация между верхним и нижним слоями бывшего пахотного слоя. Появление дифференциации, как уже говорилось, объясняется наложением на агрогенные почвы современного процесса гумусообразования (на слой 0–10 см) и процесса кислотного гидролиза (на слой 10–20 см). *Третий период* начинался после 40-летнего зарастания залежи, характеризовался постепенным увеличением содержания гумуса в слое 0–10 см и уменьшением этого показателя в слое 10–20 см. В этот период содержание гумуса в слое 0–10 см



**Рис. 4.** Отклонения от контроля (пашни) содержания гумуса (%) дерново-подзолистых суглинистых почв в зависимости от периода зарастания.

приблизилось к гор. АУ целинных почв, а в слое 10–20 см – к гор. ЕL.

В почвах аккумулятивных частей катены стабильность в изменении содержания гумуса в процессе зарастания отсутствовала. Наблюдалось постепенное его увеличение в бывшем пахотном горизонте, особенно четко выраженное в слое 0–10 см ( $t_b 3.65 > t_{05} 2.13$ ). Дифференциация этого горизонта на подслои наблюдалась только в старовозрастных залежах (с периодом зарастания более 20 лет) ( $t_b 0.69 < t_{05} 2.13$ ). Результатами ранее опубликованных исследований [17, 20] показано, что содержание гумуса в процессе зарастания таких почв как правило больше, чем в залежных почвах транзитных частей катены.

Изменение почвенных свойств с глубиной можно оценить с использованием стратификационного отношения (SR – stratification ratio) содержания гумуса. Предполагается, что при восстановлении растительного покрова величина SR

увеличивается, что свидетельствует об улучшении экологического качества почв [30]. Стратификационное отношение, вычисленное как отношение запасов органического углерода в слоях 0–10 и 10–20 см, представляющих естественное лесовосстановление почв транзитных и аккумулятивных частей катены, указывает на различие изменения величины SR в зависимости от элемента катены. Стратификационное отношение почвы 40-летней залежи транзитных частей катены увеличилось на 1.34 по сравнению с пахотными, но даже после такой длительности залежи SR в среднем был на 0.69 меньше показателя почв под лесом (табл. 2). Стратификационное отношение залежных почв аккумулятивных частей катены с увеличением периода зарастания изменилось незначительно. В почвах 20-летней и более давней залежи SR увеличился в среднем на 0.30 по сравнению с пахотными, но был меньше показателя почв под лесом на 0.86. Все это указывает на

**Таблица 2.** Стратификационное отношение запасов органического углерода почв транзитных и аккумулятивных звеньев катены (SR) 0–10/10–20 см (среднее  $\pm$  стандартное отклонение,  $n$  – объем выборки,  $V$  – коэффициент вариации)

Угодье, период застарания	SR	
	транзитные катены	аккумулятивные катены
Пашня	0.99 $\pm$ 0.13, $n = 13$ , $V = 12.2$	1.04 $\pm$ 0.13, $n = 17$ , $V = 14.1$
Залежь, до 10 лет	1.12 $\pm$ 0.08, $n = 3$ , $V = 8.1$	1.07 $\pm$ 0.06, $n = 2$ , $V = 6.0$
Залежь, 10–20 лет	1.49 $\pm$ 0.14, $n = 4$ , $V = 9.9$	1.20 $\pm$ 0.11, $n = 5$ , $V = 8.6$
Залежь, более 20 лет	2.33 $\pm$ 0.05, $n = 6$ , $V = 2.0$	1.34 $\pm$ 0.16, $n = 10$ , $V = 11.8$
Лес	3.02 $\pm$ 0.12, $n = 13$ , $V = 4.1$	2.20 $\pm$ 0.13, $n = 17$ , $V = 14.2$

длительность восстановления свойств и режимов почв до целинного состояния.

Таким образом, анализируя изменения в бывшем пахотном слое показателей кислотности, суммы обменных оснований, содержания гумуса и стратификационного отношения содержания гумуса в процессе постагрогенного развития агродерново-подзолистых почв, аккумулятивных частей катены, можно констатировать более интенсивное течение в них процесса гумусообразования по сравнению с аналогичными почвами, расположенных на транзитных частях катены.

**Почвенная структура.** Перевод пашни в залежное состояние за счет прекращения механических обработок почвы и ежегодно нарастающего поступления продуктов метаболизма микробного сообщества, наряду с увеличением запасов гумуса, оптимизирует процессы оструктурирования почвы. Проведенные наблюдения выявили, что протекающие процессы сопровождаются изменениями оструктурированности бывшего пахотного слоя почвы. Результаты сухого просеивания почвы показали, что количество агрономически ценных агрегатов (0.25–10 мм) напрямую зависит от продолжительности залежного периода (табл. 2). Даже краткосрочное исключение пашни из оборота (на 8 лет) обусловило уменьшение содержания в пахотном слое глыбистой фракции (>10 мм) по сравнению с ее пахотным аналогом в 1.8 раза, что обеспечило увеличение в нем коэффициента структурности более чем в 4.5 раза, как в верхнем, так и в нижнем подслоях. Прослеживалась четкая зависимость изменения относительной величины этих фракций от длительности нахождения пашни в залежном состоянии. Наиболее близкой по уровню оструктурированности к целинному аналогу горизонта АУ оказалась почва 40-летней залежи. Однако даже в ней коэффициент структурности в бывшем пахотном слое был в 2 раза меньше, чем в гумусовом горизонте лесной почвы. Проведенный корреляционный анализ показал тесную положительную связь коэффициента структурности с содержанием гумуса –  $r = 0.67$  при  $P_{95}$ .

**Влияние уровня плодородия на свойства реградированных почв.** Влияние антропогенных факторов на течение современных почвообразовательных процессов в постагрогенных почвах изучено в многолетнем полевом опыте. Анализировались следующие факторы: 1) последняя возделываемая культура на пашне (сидеральные культуры и чистый пар по состоянию на 2015 г.); 2) уровень исходного плодородия почвы. Из анализируемых культур выбраны: однолетние травы (викоовсяная смесь), горчица и многолетние травы (клевер второго года использования). В качестве контролей влияния этих культур на процесс застарания и изменение показателей почвы использовали: 1) вариант застарания без культур (чистый пар); 2) исходные показатели почв (до начала процесса застарания).

Установлено, что последняя культура севооборота оказала значительное влияние на видовой состав формирующейся залежи только в первый год застарания. Во второй и последующие годы количество и виды растений формирующегося фитоценоза определялись сорной растительностью и были представлены наиболее распространенными видами на данной территории: однолетними сорными растениями – *Stellaria media* L., *Matricaria chamomilla* L., *Galeopsis speciosa* Mill., *Chenopodium album* L., *Amaranthus retroflexus* L. и многолетними – *Sonchus arvensis* L., *Cichorium intybus* L., *Artemisia vulgaris* L., *Bromus inermis* Leyss., *Convolvulus arvensis* L., *Plantago media* L.. Уже на третий год застарания очагами появился *Heracleum sibiricum* L.

По мере формирования фитоценоза увеличивалась доля многолетних видов растений в составе травостоя залежи и сокращалась доля однолетних видов. На третий год застарания в травостое появляются типичные растения, встречающиеся на лесных опушках и в лесу – *Myosotis sylvatica* Ehrh. ex Hoffmann, *Trifolium rubens* L., *Achillea millefolium* L., *Elytrigia repens* L., *Plantago major* L. Также следует отметить появление поросли *Acer negundo* L., защитная лесополоса из которого располагалась на расстоянии 250 м от опытного

**Таблица 3.** Микроагрегатный (методом сухого просеивания по Н.И. Саввинову) состав почв ключевых участков и коэффициент структурности (Kc)

Угодье	Глубина взятия образца, см	Размер агрегатов (мм) и их содержание, % от массы воздушно-сухой почвы			Kc
		>10	0.25–10	<0.25	
Пашня, рапс яровой	0–10	78.0	21.3	0.7	0.27
	10–24	63.4	36.3	0.3	0.57
Залежь. 8 лет	0–10	44.0	55.1	1.0	1.23
	10–24	51.3	47.9	0.8	0.92
Залежь. 15 лет	0–10	37.6	62.1	0.4	1.60
	10–24	44.0	55.6	0.4	1.25
Залежь. 50 лет (5БЗС2Е)	2–12	20.5	72.9	6.6	2.69
	12–22	31.7	63.7	4.6	1.75
Лес (5СЗЕ2Б)	3–13	10.1	84.5	5.4	5.46
	13–26	28.6	65.6	5.8	1.91
НСР <sub>05</sub>	0–10				0.66
	10–20				0.29

**Таблица 4.** Содержание гумуса в бывшем пахотном слое залежных агродерново-подзолистых почв в зависимости от исходного уровня их плодородия (опытное поле Удмуртского НИИСХ), % (третий год зарастания)

Уровень плодородия (фактор А)	Слой почвы, см	Залежь	Пашня (контроль)	Отклонение от контроля (В)		Отклонение от среднего уровня плодородия (А)	
				ед.	%	ед.	%
Средний (контроль)	0–10	2.03 ± 0.18	1.90 ± 0.12	0.13	6.8	–	–
	10–20	1.64 ± 0.32	1.75 ± 0.06	–0.11	–6.3	–	–
Повышенный	0–10	2.56 ± 0.35	2.32 ± 0.21	0.24	10.3	0.53	26.1
	10–20	2.30 ± 0.14	2.24 ± 0.16	0.07	3.1	0.66	14.2
Высокий	0–10	2.42 ± 0.24	2.23 ± 0.06	0.19	8.5	0.39	19.2
	10–20	1.90 ± 0.07	2.31 ± 0.10	–0.41	–17.7	0.26	16.0
НСР <sub>05</sub>	0–10	А – 0.29; В – 0.18; частных различий – 0.50					
	10–20	А – 0.27; В – 0.18; частных различий – 0.47					

участка. Продуктивность зеленой массы травяных растений на второй год зарастания резко сократилась и мало зависела от исходной культуры севооборота.

В полевом опыте подтвердились экспериментальные данные, полученные на ключевых площадках и свидетельствующие о постепенном увеличении общего содержания органического вещества в верхней (0–10 см) части бывшего пахотного слоя залежных земель. Оно было статистически значимо в вариантах с повышенным и высоким уровнем плодородия (табл. 4). В слое 10–20 см эта тенденция была выражена значительно слабее (только в почвах среднего уровня плодородия), а в почвах повышенного и высокого уровня плодородия

наблюдалось даже уменьшение его общего количества по сравнению с пахотными аналогами.

Содержание гумуса в слое 0–10 см в вариантах с повышенным и высоким уровнями плодородия статистически достоверно превышало этот показатель на фоне со средним уровнем, что свидетельствует о сохранении созданного в предыдущие годы уровня окультуренности пахотного горизонта даже на третий год зарастания.

Дифференциация бывшего пахотного горизонта на подслои в полевом опыте просматривалась и по показателям почвенной кислотности и суммы обменных оснований. Повышенный и высокий исходный уровень плодородия ускорял процесс дифференциации бывшего пахотного слоя.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заращение агродерново-подзолистых почв в южно-таежной зоне неизбежно приводит к изменению процессов почвообразования. Эти процессы в первую очередь затрагивают бывший пахотный слой. В его верхней части (слой 0–10 см) активизируется процесс гумусообразования, обусловленный разложением опада травянистой растительности и приводящий к увеличению содержания гумуса, суммы обменных оснований и коэффициента структурности. В нижней части бывшего пахотного слоя активизируется зональный подзолитый процесс, в результате которого происходит уменьшение гумусированности, суммы обменных оснований и увеличение кислотности всего бывшего пахотного слоя. Наблюдается дифференциация бывшего пахотного слоя на два подслоя как по морфологическим признакам (цвету и структуре), так и по целому ряду показателей (кислотности, сумме обменных оснований, содержанию гумуса и др.). После 40 лет заращения эти подслои по комплексу своих свойств приближаются к гор. АУ (серогумусовому) и ЕL (элювиальному) целинных почв. Изменение всех показателей в процессе заращения подчиняется определенной стадийности.

На интенсивность и направленность протекающих современных процессов почвообразования, кроме периода заращения, наиболее значительное влияние оказывает расположение залежи на звеньях почвенной катены. На постагрогенных дерново-подзолистых почвах в аккумулятивных частях катены отмечается более интенсивное накопление гумуса по сравнению с аналогичными почвами транзитных частей катены [17, 20]. Дифференциация бывшего пахотного слоя на подслои выражена значительно слабее, и она проявляется только на старовозрастных залежах.

Повышенный и высокий исходный уровень плодородия агродерново-подзолистых почв ускоряет процесс дифференциации бывшего пахотного слоя на подслои.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Тема входит в план НИОКР РАН. Рег. № АААА-А19-119022790025-8.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булышева А.М., Хохлова О.С., Бакунович Н.О., Русаков А.В., Мякшина Т.Н., Рюмин А.Г. Изменение карбонатного состояния черноземов Приазовья при переходе их из пашни в залежь // Почвоведение. 2020. № 8. С. 1025–1038.

2. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. Васильев М.В. Питательный режим дерново-подзолистых пахотных и залежных суглинистых почв северо-запада РФ. Автореф. дис. канд. с.-х. н. СПб.—Пушкин, 2011. 18 с.
4. Воронов А.Г. Геоботаника. М.: Высшая школа, 1973. 384 с.
5. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М.: ФГБНУ “Росинформагротех”, 2014. 176 с.
6. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 г. М.: ФГБНУ “Росинформагротех”, 2020. 340 с.
7. Дричко В.Ф., Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Чернов Д.В., Буре В.М. Скорости изменения кислотных параметров, содержания общего углерода и состава гумуса в дерново-подзолистой песчаной почве при переходе от пашни к лесу при сукцессии залежных земель // Агрохимия. 2015. № 11. С. 19–29.
8. ЕМИСС. Государственная статистика. Официальные статистические показатели. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 19.11.2020).
9. Еремин Д.И. Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопашотных черноземов лесостепной зоны Зауралья // Плодородие. 2014. № 1(76). С. 24–26.
10. Ерохова А.А., Макаров М.И., Моргунов Е.Г., Рыжова И.М. Изменение состава органического вещества дерново-подзолистых почв в результате естественного восстановления леса на пашне // Почвоведение. 2014. № 11. С. 1308–1314.
11. Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Фомин Д.С. Микробная биомасса, дыхательная активность и азотфиксация в дерново-подзолистой почве Предуралья при различном сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 2020. № 3. С. 372–378.
12. Казеев К.Ш., Трушков А.В., Одабашиян М.Ю., Колесников С.И. Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые 3 года залежного режима // Почвоведение. 2020. № 7. С. 901–910.
13. Карелин Д.В., Горячкин С.В., Кудиков А.В., Лопес де Гереню В.О. Изменение запасов углерода и эмиссии CO<sub>2</sub> в ходе постагрогенной сукцессии растительности на серых почвах в Европейской части России // Почвоведение. 2017. № 5. С. 580–594.
14. Карелин Д.В., Люри Д.И., Горячкин С.В., Лунин В.Н., Кудиков А.В. Изменение почвенной эмиссии диоксида углерода в ходе постагрогенной сукцессии в черноземной лесостепи // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1354–1366.
15. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.
16. Ковриго В.П. Почвы Удмуртской Республики. Ижевск: РИО Ижевская ГСХА, 2004. 489 с.
17. Леднев А.В., Дмитриев А.В. Влияние периода заращения на изменение агрофизических показателей

- различных типов почв, расположенных на аккумулятивном направлении вещественно-энергетического потока // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 2. С. 28–35.
18. *Леднев А.В., Дмитриев А.В.* Зависимость агрохимических показателей залежных земель, расположенных на аккумулятивном направлении вещественно-энергетического потока, от срока зарастания и типа почв // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 27–32.
  19. *Леднев А.В., Дмитриев А.В.* Зарастание залежных дерново-подзолистых почв как фактор современного почвообразовательного процесса // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 5. С. 28–31.
  20. *Леднев А.В., Дмитриев А.В., Пегова Н.А., Попов Д.А.* Влияние степени исходного окультуривания на агрофизические показатели залежных дерново-подзолистых почв // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 6(67). С. 102–108.
  21. *Леднев А.В., Дмитриев А.В., Пегова Н.А., Попов Д.А.* Влияние степени исходного окультуривания на агрохимические показатели залежных дерново-подзолистых почв // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 6. С. 36–39.
  22. *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.
  23. *Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Щенисенко Е.А., Нефедова Т.Т.* Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
  24. *Макарова В.М.* Структура урожайности зерновых культур и ее регулирование. Пермь, 1995. 144 с.
  25. *Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Алексеев С.С.* Постагрогенная трансформация почв, сформированных на контрастных по гранулометрическому составу породах // Гумус и почвообразование. СПб., 2007. С. 52–60.
  26. *Овсепян Л.А., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Русаков А.В., Кузяков Я.В.* Изменение денситометрического фракционного состава органического вещества почв лесостепной зоны в процессе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2020. № 1. С. 26–68.
  27. Приказ Минсельхоза России от 06.07.2017 № 325 “Об утверждении Методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации” (Зарегистрировано в Минюсте России 31.07.2017 № 47592).
  28. *Работнов Т.А.* О конкуренции между растениями в растительных сообществах // Бюл. Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1984. Т. 89. № 5. С. 82.
  29. *Романовская А.А.* Органический углерод в почвах залежных земель России // Почвоведение. 2006. № 1. С. 52–61.
  30. *Романовская А.А., Коротков В.Н., Карабань Р.Т., Смирнов Н.С.* Динамика элементов баланса углерода на неиспользуемых пахотных угодьях Валдайской возвышенности // Экология. 2012. № 5. С. 347–352.
  31. *Рыжова И.М., Телеснина В.М., Ситникова А.А.* Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления // Почвоведение. 2020. № 2. С. 230–243.
  32. *Савин И.Ю., Чендев Ю.Г.* Изменение во времени содержания гумуса в пахотных лесостепных почвах // Почвоведение. 1994. № 5. С. 88–92.
  33. *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.
  34. *Телеснина В.М., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Овсепян Л.А., Личко В.И., Ермолаев А.М., Мирин Д.М.* Динамика свойств почв и состава растительности в ходе постагрогенного развития в разных биоклиматических зонах // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1514–1534.
  35. *Bruun T.B., Elberling B., de Neergaard A., Magid J.* Organic carbon dynamics in different soil types after conversion of forest to agriculture // Land Degradation Development. 2015. V. 26(3). P. 272–283. <https://doi.org/10.1002/ldr.2205>
  36. *Degryze S., Six J., Paustian K., Morris S.J., Paul E.A., Merckx R.* Soil organic carbon pool changes following land-use conversions // Global Change Biology. 2004. V. 10. P. 11201132.
  37. *Franzlluebbers A.J.* Depth distribution of soil organic carbon as a signature of soil quality // 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, 2010. P. 1–4.
  38. *Gunina A., Ryzhova I., Dorodnikov M., Kuzyakov Ya.* Effect of plant communities on aggregate composition and organic matter stabilization in young soils // Plant and Soil. 2015. V. 387(1–2). P. 265275.
  39. *Helfrich M., Ludwig B., Buurman P., Flessa H.* Effect of land use on the composition of soil organic matter in density and aggregate fractions as revealed by solidstate <sup>13</sup>C NMR spectroscopy // Geoderma. 2006. V. 136. P. 31341.
  40. *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. 1829.
  41. *Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Luise Giani.* 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.
  42. *Kirschbaum M.U.F., Guo L.B., Gifford R.M.* Observed and modelled soil carbon and nitrogen changes after planting a Pinus radiata stand onto former pasture // Soil Biology and Biochemistry. 2008. V. 40. P. 247–257.
  43. *Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Kuzyakov Y.* Large-scale carbon sequestration in post-agrogenic ecosystems in Russia and Kazakhstan // Catena. 2015. V. 133. P. 461–466.

44. *Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y.* Carbon cost of collective farming collapse in Russia // *Glob. Change Biol.* 2014. V. 20. P. 938–947.
45. *Laganiere J., Angers D.A., Pare D.* Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis // *Global Change Biol.* 2010. V. 16. P. 439–453.
46. *Paul K.I., Polglase P.J., Nyakuengama J.G., Khanna P.K.* Change in soil carbon following afforestation // *Forest Ecology and Management.* 2002. V. 168. P. 241–257.
47. *Paul K.I., Polglase P.J., Richards G.P.* Predicted change in soil carbon following afforestation or reforestation, and analysis of controlling factors by linking a C accounting model (CAMFor) to models of forest growth (3PG), litter decomposition (GENDEC) and soil C turnover (RothC) // *Forest Ecology and Management.* 2003. V. 177. P. 485–501.
48. *Poepplau Ch., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., van Wese-mael B., Schumacher J., Gensior A.* Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach // *Global Change Biol.* 2011. V. 17. P. 2415–2427.
49. *Vuichard N., Ciais P., Beletti L., Smith P., Valentini R.* Carbon sequestration due to abandonment of agriculture in the former USSR since 1990 // *Global Biogeochemical Cycles.* 2008. V. 22.

## Recent Soil-Forming Processes in Postagrogenic Soddy-Podzolic Soils of the Udmurt Republic

A. V. Lednev<sup>1</sup>, \* and A. V. Dmitriev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*The Udmurt Federal Research Center of UB RAS, Izhevsk, 426067 Russia*

<sup>2</sup>*The Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, 426069 Russia*

\*e-mail: av-lednev@yandex.ru

Current soil-forming processes in layland soils are shown to be related to the period of its overgrowth, landform and cultivation intensity. The main object of research were regraded agro-soddy-podzolic soils (Albic Glossic Retisols (Loamic, Aric, Cutanic, Ochric)) differing by the overgrowth period, cultivation rate, texture, and location on landforms. Agro-soddy-podzolic soils were studied in the course of soil-ecological surveys performed in the Udmurt Republic and in a long-term stationary field experiment. All major changes in layland soils occur in the arable layer, which becomes subdivided into two subhorizons. The humus-accumulative process manifested in an increase in the humus content, CEC and the structure coefficient value is activated in the upper part of the arable layer (0–10 cm). The zonal podzolization process is activated in the lower part of the arable layer (10–20 cm) and results in the decrease in humus content, CEC and an increase in acidity. These sublayers, after 40 years of the layland overgrowing acquire properties similar to those of the AY (gray-humus) and EL (eluvial) horizons, respectively. These changes occur stepwise, as stages, and depend on the position of soil in catena. Differentiation of the topsoil occurs most intensively in the soils of the transit positions of the catenas. The soils of the accumulative sites display a higher productivity of biocenoses and better facilities for humus-accumulative process due to more favorable moisture conditions. The differentiation of the former arable layer into sublayers occurs at a higher rate in soils with an increased and high initial level of fertility.

*Keywords:* layland, overgrowth period, parts of catenas, agro-landscapes, degree of cultivation, Albic Retisol