

ПОСТАГРОГЕННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Т. В. Нечаева, Е. Н. Смоленцева

Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Новосибирск, Россия

nechaeva@issa-siberia.ru, esmolenceva@issa-siberia.ru

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты сравнения морфологии и свойств черноземов лесостепи Западной Сибири в условиях целины, пашни и залежи. Почвы различаются по строению профиля и структуре поверхностного горизонта, по глубине залегания карбонатов и содержанию органического углерода, подвижного фосфора и обменного магния. Отсутствие значительных различий в гранулометрическом составе почв, содержанию карбонатов и обменного калия свидетельствует об устойчивости исследованных черноземов к агрогенным нагрузкам.

Ключевые слова: чернозем глинисто-иллювиальный, целина, пашня, залежь, морфология, углерод, карбонаты, фосфор, калий, магний.

В последние десятилетия одним из важных направлений исследований является изучение постагрогенных трансформаций в почвах, по разным причинам выведенных из пашни [1–2]. В фокусе внимания находятся различные аспекты постагрогенных изменений в почвах разновозрастных залежей, включая их гумусное состояние, физические, химические и биологические свойства [3–6 и др.]. Исследования, посвященные агрогенным и постагрогенным изменениям свойств черноземов западно-сибирского региона, в последние 20 лет единичны [7–10 и др.]. Поэтому **цель работы** – сравнить морфологию и свойства черноземов глинисто-иллювиальных лесостепной зоны Западной Сибири в условиях целины, пашни и залежи.

Объекты исследования. Исследования проводили в лесостепной зоне Западной Сибири (Искитимский район, Новосибирская область). По почвенно-экологическому районированию эта территория относится к Предбайкальской лесостепной почвенной провинции [11], в почвенном покрове которой преобладают черноземы глинисто-иллювиальные и миграционно-мицелярные и их агрогенные аналоги [12].

Отбор почвенных проб проводили из полнопрофильных разрезов по генетическим горизонтам летом 2020 года на трех участках исследования: (1) **Целина** (54,668° с.ш. и 83,125° в.д.) – представляла собой бобово-

разнотравно-злаковую луговую степь; (2) **Пашня** (54,662° с.ш. и 83,093° в.д.) – была засеяна ячменно-вико-овсяной смесью; (3) **Залежь** (27 лет на момент отбора, 54,666° с.ш. и 83,098° в.д.) – злаково-разнотравный остепнённый суходольный луг.

Выполнено морфологическое описание профилей согласно полевому определителю почв [2008], что позволило диагностировать почву на целине как чернозем глинисто-иллювиальный элювиированный маломощный среднесуглинистый, на пашне – агрозем темный глинисто-иллювиальный мелкий среднесуглинистый, на залежи – агрочернозем глинисто-иллювиальный постагрогенный маломощный среднесуглинистый. По классификации IUSS Working Group WRB [2022] почва на целине и залежи характеризуется как Luvisc Greyzemic Chernozem (Siltic), на пашне – Luvisc Greyzemic Chernozem (Siltic, Aric). По классификации почв СССР [1977] на всех участках диагностирован чернозем выщелоченный маломощный среднесуглинистый.

Методы исследования. Почвы проанализированы на содержание органического углерода (C_{org}) по методу Тюрина; общего азота ($N_{общ}$) – по методу Кьельдаля; карбонатов ($CaCO_3$) – газовольметрически на кальциметре Голубева; подвижного фосфора – по Чирикову (0,5 М CH_3COOH , при соотношении почва: экстрагент = 1:25); калия и магния в обменной форме – по Масловой (1 М CH_3COONH_4 ,

1:10), в необменной форме – по Pratt, Morse (1 М HNO_3 с кипячением, 1:10); кислотность ($\text{pH}_{\text{вод}}$) – потенциометрически; гранулометрический состав – методом пипетки с диспергацией образцов пирофосфатом натрия. Все расчеты представлены на абсолютно-сухую массу.

Результаты и их обсуждение. Формулы профилей и рассмотренные свойства почв трех участков исследования приведены в таблице. Типодиагностическими горизонтами целинного чернозема являются темногумусовый (AU) и срединный глинисто-иллювиальный (BI). На поверхности почвы присутствует дернина (AUrz, по: [13]) мощностью 10 см, которая сформировалась благодаря травянистой растительности с преобладанием дерновинных злаков. Ниже дернины AU горизонт имеет типичную темно-серую окраску, хорошо выраженную биогенную порошисто-зернистую структуру с обилием копролитов. Пахотная почва по строению профиля отличается от целины только поверхностным агрогумусовым (PU) горизонтом с выраженной плужной подошвой в нижней его части и крупно-комковатой структурой. Отличительным признаком залежной почвы является темногумусовый постагрогенный (AUра) горизонт с хорошо восстановившейся порошисто-зернистой структурой, с вновь сформировавшейся дерниной (AUrz) в верхней части профиля. В то же время в залежной почве сохраняются признаки плужной подошвы, ниже которой расположен небольшой слой целинного AU горизонта. Срединные горизонты почв трех участков сходны: BI горизонт обладает ореховато-мелкопризматической структурой с тонкими (до 1 мм) гумусово-глинистыми кутанами на гранях агрегатов, а в аккумулятивно-карбонатном (BCA) горизонте карбонатные новообразования представлены псевдомицелием.

Таким образом, отличительными признаками морфологии целинного чернозема является горизонт AUrz (дернина) и порошисто-зернистая биогенная структура гумусового горизонта. Для залежных почв эти признаки являются важными показателями постагрогенной трансформации [1, 5–6, 8, 10] и свидетельствуют о восстановлении почвы до состояния близкого к целинному. Это подтверждает ранее установленный факт, что черноземы ле-

состепной зоны Западной Сибири в условиях длительного использования под посевы выращиваемых культур проявляют высокую степень устойчивости к агрогенным нагрузкам, частично сохраняют природную комковато-зернистую структуру и быстро ее восстанавливают [7].

Реакция среды в дерновом (AUrz) горизонте целины и залежной почвы была кислой, в темногумусовом (AU) и срединных (BI, BM) горизонтах – нейтральной, в аккумулятивно-карбонатном (BCA) горизонте и глубже, включая материнскую породу – слабощелочной (см. табл.). Агрогумусовый (PU) и глинисто-иллювиальный (BI) горизонты пахотной почвы имели нейтральную реакцию среды, что является благоприятным условием для выращивания большинства сельскохозяйственных культур.

К числу важнейших показателей, характеризующих потенциальное плодородие почв, относятся содержание в гумусовом горизонте органического углерода, общего азота и их профильное распределение. Как в гумусовом горизонте, так и по всему профилю целинной почвы содержание $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{общ}}$ выше, чем в пахотной. Например, в слое 0–30 см целины содержание $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{общ}}$ составило в среднем 3,54 и 0,38%, в пахотной почве – 2,51 и 0,32%. В профиле залежной почвы содержание $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{общ}}$ было на уровне целины. Это указывает, с одной стороны, на снижение параметров потенциального плодородия в условиях агроценоза, с другой, на их улучшение в течение 27-летнего постагрогенного периода восстановления почвы. Профильное распределение $C_{\text{орг}}$ в почвах трех участков резко убывающее (см. табл.), что является региональным признаком западно-сибирских черноземов [14].

На почвах трех участков исследования обнаружены различия по глубине залегания карбонатов: под целиной и залежью они расположены на глубине 80 и 86 см, что характеризует черноземы как сильно выщелоченные; под пашней – на глубине 65 см (средне выщелоченные). Профильное распределение карбонатов имеет элювиально-иллювиальный характер, хорошо выражены зоны выщелачивания и аккумуляции карбонатов. Различий по содержанию карбонатов как в зоне их выщелачивания,

Таблица 1. Строение и свойства черноземов на целине, пашне и залежи

Горизонт	Глубина, см	рН _{вод}	Содержание, %					Мг /100 г почвы			
								К		Mg	
			С _{орг}	N _{общ}	CaCO ₃	Ил*	ФГ*	I*	II*	I*	II*
Целина											
AUrz	0–5	5,97	4,70	0,52	2,11	10,08	30,28	47	93	36	245
	5–10	5,96	3,97	0,43	2,14	11,68	32,36	26	86	35	250
AU	10–20	6,35	3,38	0,38	2,12	13,60	35,52	22	114	41	387
	20–30	6,64	2,11	0,23	2,11	17,80	40,12	21	110	34	320
BI	35–45	6,76	0,81	0,11	2,34	23,68	41,24	21	86	30	395
	60–70	6,85	0,38	0,06	2,55	25,00	43,72	23	64	26	348
BCA	82–92	7,83	0,29	–	10,19	25,24	48,72	–	–	–	–
Пашня											
PU	0–5	6,91	2,42	0,30	1,71	17,48	37,96	30	167	30	345
	5–10	6,71	2,48	0,33	2,11	13,92	36,92	30	137	30	396
	10–20	6,70	2,31	0,33	1,91	17,48	41,16	37	172	34	341
	20–30	6,80	2,85	0,33	1,91	16,12	41,40	29	169	34	392
BI	30–40	7,14	0,55	0,09	2,11	22,28	40,28	21	93	26	397
	45–55	7,26	0,21	0,06	2,11	24,32	42,04	22	89	26	448
BCA	65–75	8,05	0,15	–	10,62	20,50	35,72	–	–	–	–
Залежь											
AUrz	0–5	5,25	4,23	0,44	1,71	13,84	38,76	43	180	26	309
AUpa	5–10	6,01	3,39	0,38	1,91	13,16	38,16	20	127	30	348
	10–20	6,59	3,49	0,37	2,11	11,96	37,28	21	123	35	300
	20–30	6,76	3,18	0,35	1,71	11,52	35,24	19	142	30	348
AU	30–35	6,74	1,70	0,19	2,11	18,24	41,88	26	141	30	272
BI	35–45	6,90	0,76	0,09	2,34	23,56	42,20	23	137	28	305
	55–65	7,06	0,33	0,06	1,71	23,60	39,12	22	89	20	337
BM	72–82	7,08	0,28	–	2,62	23,72	40,16	–	–	–	–
BCA	90–100	7,92	0,21	–	11,03	20,00	35,40	–	–	–	–

Примечание. * – представлены результаты по содержанию в почвах ила (<0,001 мм) и физической глины (ФГ, <0,01 мм), калия и магния в обменной (I) и необменной (II) формах. Прочерк – данные отсутствуют.

так и аккумуляции (горизонт ВСА) в почвах под целиной, пашней и залежью не установлено. В отличие от литературных данных для лесостепной зоны европейской территории России [6], свидетельствующих о трансформации карбонатного состояния почв залежных рядов, в изученных черноземах лесостепной зоны Западной Сибири таких явлений не обнаружено.

Все почвы имеют среднесуглинистый гранулометрический состав: содержание физической глины (ФГ) в них варьирует от 30 до 44%.

Выражено увеличение содержания ила и ФГ вниз по профилю почв, максимум этих фракций приурочен преимущественно к горизонту BI. Различий в гранулометрическом составе черноземов трех участков не обнаружено.

Содержание подвижного фосфора в темно-гумусовом (AU) горизонте целины и залежной почвы варьировало в пределах 122–157 и 176–194 мг, в срединном (BI) горизонте – 186–211 и 222–304 мг P₂O₅/кг. В профиле пахотной почвы содержание подвижного фосфора было

выше: в PU горизонте варьировало от 224 до 254 мг, в VI горизонте – от 286 до 321 мг P_2O_5 /кг.

В почвенном профиле под целиной и залежью наибольшее содержание обменного калия зафиксировано в верхнем слое (0–5 см) дернины, под пашней – в пахотном слое (0–30 см), что связано с биогенной аккумуляцией элемента. Далее вниз по профилю этот показатель снижался, но в целом он был в одном диапазоне значений на всех трех участках исследования. В то же время по содержанию необменного калия выявлены более высокие значения в профиле пахотной и залежной почв по сравнению с целиной (см. табл.).

Содержание обменного магния в профиле пахотной и залежной почв ниже, чем на целине, что может говорить о потерях элемента в процессе сельскохозяйственного использования черноземов. Какой-либо закономерности в распределение необменного магния в профиле почв трех участков выявить не удалось. Содержание магния в необменной форме значительно выше, чем в обменной (см. табл.), что свидетельствует о высоких почвенных запасах данного элемента питания.

В целом агрохимический статус черноземов под целиной, пашней и залежью благоприятный для выращивания сельскохозяйственных культур как по содержанию в гумусовом горизонте подвижного фосфора, так и обменных калия и магния. Урожай возделываемых

на пахотных черноземах культур (особенно зерновых) формируется в основном за счет мобилизации почвенных запасов вышеперечисленных макроэлементов без компенсации их отчуждения внесением удобрений. Однако необходимо подчеркнуть, что скорость и степень агрогенной трансформации черноземов Западной Сибири значительно выше, чем в европейской части России [14]. Следовательно, необходим мониторинг плодородия черноземов при длительном сельскохозяйственном использовании.

Заключение. Черноземы глинисто-иллювиальные лесостепной зоны Западной Сибири в условиях целины, пашни и залежи имеют различия в морфологии (строению профиля и структуре поверхностного горизонта), по глубине залегания карбонатов и содержанию в профиле органического углерода, подвижного фосфора и обменного магния. Отсутствие значительных различий в гранулометрическом составе, содержанию карбонатов и обменного калия в профиле почв трех участков свидетельствует о значительной устойчивости исследованных черноземов к агрогенным нагрузкам. Кроме того, сходство между целиной и залежной почвой доказывает, что при постагрогенной трансформации черноземов Западной Сибири улучшается их гумусное состояние, физические и агрохимические свойства.

POST-AGROGENIC RESTORATION OF CHERNOZEMS PROPERTIES IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF WEST SIBERIA

T. V. Nechaeva, E. N. Smolentseva

*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia*

nechaeva@issa-siberia.ru, esmolenceva@issa-siberia.ru

ABSTRACT. The study compared morphology and properties of clay illuvial chernozems (undisturbed, arable and abandoned) of the forest-steppe one of West Siberia. The soils were found to differ in their profile layout, surface horizon structure, location of the carbonate layer, as well as organic carbon, mobile phosphorus and exchangeable magnesium contents. The absence of significant differences in soil granulometry, carbonate and exchangeable potassium contents suggests resilience of the studied soils to acrogenic pressure.

Keywords: *Luvic Greyzemic Chernozem (Siltic), virgin soil, arable soil, abandoned arable soil, soil morphology, carbon, carbonates, phosphorus, potassium, magnesium*

Литература

- 1 Люри Д. И., Горячкин С. В., Караваева Н. А., Денисенко Е. А., Нефедова Т. Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. Москва: ГЕОС, 2010. 416 с.
- 2 Нечаева Т. В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e215. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>.
- 3 Kalinina O., Krause S.-E., Goryachkin S. V., Karavaeva N. A., Lyuri D. I., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic Chernozems of Russia: soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools // Geoderma. 2011. Vol. 162. P. 196–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.02.005>.
- 4 Шпедт А. А., Трубников Ю. Н. Гумусное состояние и рациональное использование почв залежных земель Приенисейской Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2017. Том 31. № 5. С. 5–8.
- 5 Мамонтов В. Г., Артемьева З. С., Лазарев В. И., Родионова Л. П., Крылов В. А., Ахметзянова Р. Р. Сравнительная характеристика свойств целинного, пахотного и залежного чернозема типичного Курской области // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2020. Вып. 101. С. 182–201. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-182-201>.
- 6 Булышева А. М., Хохлова О. С., Бакунович Н. О., Русаков А. В., Мякшина Т. Н. Изменение свойств почв залежного ряда Курской области и тренды восстановления постагрогенных почв лесостепной и степной зон // Почвоведение. 2021. № 8. С. 983–998. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21080049>.
- 7 Курганова И. Н., Гереню В. О. Лопес Де, Смоленцева Е. Н., Семенова М. П., Личко В. И., Смоленцев Б. А. Влияние типа землепользования на физические свойства черноземов лесостепной зоны Западной Сибири // Почвоведение. 2021. Том 55. № 9. С. 1061–1075. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21090045>.
- 8 Кравцов Ю. В., Смоленцева Е. Н. Особенности современного генезиса плакорных почв Ишимской степи // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2022. Вып. 111. С. 92–116. DOI: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-111-92-116>.
- 9 Якутина О. П., Данилова А. А., Нечаева Т. В. Комплексная оценка состояния залежных почв эродированного склона на юге Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2022. № 1. С. 21–28. DOI: <https://doi.org/10.26178/AE.2022.23.73.005>.
- 10 Миллер Г. Ф., Соловьев С. В., Безбородова А. Н. Почвенно-экологическая оценка разновозрастных залежей юго-востока Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 4. e230. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>.
- 11 Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Под ред. Г. В. Добровольского, И. С. Урусевской. Москва, 2013. 16 листов.
- 12 Соколова Н. А., Смоленцева Е. Н. Агрогенная трансформация почвенного покрова Присалаирской дренированной равнины (Западная Сибирь) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2021. Том 36. С. 37–56. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.36.37>.
- 13 Хитров Н. Б., Герасимова М. И. Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14. <http://doi.org/10.31857/S0032180X22010087>.
- 14 Смоленцева Е. Н. Черноземы Западной Сибири: региональные и зонально-провинциальные особенности // Отражение био-, гео- и антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов VII Междунар. науч. конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск: Издательский Дом ТГУ, 2020. С. 90–94.