

УДК 631.48:332.332

П. В. Голеусов¹
Ф. Н. Лисецкий¹
А. В. Малышев²

Тренды воспроизводства постагрогенных почв в лесостепной зоне Европейской территории России

¹ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород
e-mail: goleusov@bsu.edu.ru

²ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», г. Белгород

Аннотация. В статье обосновано выделение основных трендов постагрогенного воспроизводства почв в лесостепной зоне Европейской территории России. Исследованы морфология и агрохимические свойства разновозрастных (6-90 лет) почв, восстанавливающихся в ходе постагрогенной динамики экосистем (ренатурации) на заброшенных сельскохозяйственных землях, подверженных эрозионной деградации. Предшественниками постагрогенных почв были агропочвы со средней и сильной степенью эрозионной деградации. Наиболее распространены тренды с сохранением зонального аттрактора ренатурации, в которых агрочернозёмы восстанавливаются под лугово-степной растительностью, а агросерые почвы – под лесной растительностью. В Белгородской области также выделен тренд постагрогенного воспроизводства почв со сменой аттрактора ренатурации: после зарастания агрочернозёмов лесной растительностью вследствие распространения древесных видов, формирующих искусственные лесонасаждения. Наиболее интенсивно происходит восстановление агрохимических показателей в чернозёмном тренде. Среди агрохимических показателей быстрее других восстанавливаются содержание подвижного органического вещества и подвижных форм элементов минерального питания.

Ключевые слова: постагрогенные почвы, лесостепные почвы, воспроизводство почв, заброшенные сельскохозяйственные земли, ренатурация, тренды педогенеза

Введение

Забрасывание сельскохозяйственных земель по причине их деградации и снижения плодородия агропочв – довольно распространённое явление на Европейской территории России (ЕТР). В лесостепной зоне для склоновых агроландшафтов Среднерусской возвышенности главный деградационный процесс – водная эрозия, результатом которой становится распространение средне- и сильноосмытых (вплоть до полной потери гумусового горизонта) почв. Эрозионная сеть в агроландшафтах формирует сложные контуры полей, где наиболее эродированные почвы часто занимают неудобные для обработки участки. В ряде случаев они забрасываются даже успешными хозяйствами по технологическим причинам (для оптимизации использования широкозахватной техники). Но наиболее массовое забрасывание происходило в конце 1990-х – начале 2000-х гг. по экономическим причинам [1, 2]. Довольно распространены

также залежи, возникшие после проведения лесомелиоративных (и других противозерозионных) работ в 1970-х-80-х гг. Например, это участки полей, отрезанные противозерозионными лесополосами, валами. Есть также залежи, возникшие при забрасывании сельских населённых пунктов и после создания оборонительных линий времён Великой Отечественной войны. Все они находятся в различных трендах постагрогенной динамики, которые определяются процессом ренатурации экосистем, в лесостепной зоне детерминированным двумя аттракторами (зональными климаксными состояниями экосистем): широколиственными лесами и разнотравно-злаковыми лугово-степными сообществами. Регенерационные процессы при этом протекают и в постагрогенных почвах, изначально представленных агрочернозёмами разных типов/подтипов и агросерыми лесными почвами. Понимание направленности и специфики этих процессов, проявляющихся в результатах природного воспроизводства свойств (шире – плодородия) почв становится актуальной задачей, от решения которой будет зависеть выбор стратегии управления постагрогенными землями [3]. Закономерности постагрогенного воспроизводства почв формируют теоретическую основу для разработки природоподобных технологий реабилитационного земледелия [4].

К настоящему времени исследования почв залежей охватывают разные природные зоны России [2, 5, 6], имеется опыт сравнения результатов постагрогенного воспроизводства в почвах разных биоклиматических зон [7]. Между тем, возможны существенные различия этих результатов в пределах одной природной зоны, особенно экотонной, как лесостепь. В исследованиях, проведённых в лесостепной зоне [8], отмечено более интенсивное воспроизводство запасов углерода и азота в тренде постагрогенного восстановления чернозёма, по сравнению с аналогичным трендом тёмно-серой лесной почвы. При этом воспроизводство почвы на залежи, представленной агротёмно-серой почвой, сначала рассматривается при участии луговой растительности (до 30 лет), а затем (45 лет) – под древесной растительностью. Таким образом, оба тренда характеризуются влиянием соответствующего аттрактора ренатурации, т.е. зональным воспроизводством почв луговой степи или широколиственного леса. В проведённом в Курской области исследовании [9] также продемонстрировано быстрое восстановление чернозёма в залежном режиме под лугово-степной растительностью (один аттрактор ренатурации). Однако в лесостепной зоне возможны варианты воспроизводства почв со сменой аттрактора ренатурации: при зарастании агрочернозёмов древесной растительностью и при формировании устойчивых луговых сообществ на агросерых почвах, выведенных из использования. Особенностью природной динамики агроландшафтов лесостепи является расширение площадей лесопокрываемых земель, в том числе за счёт разрастания лесополос и других искусственных лесонасаждений [10]. Целью настоящего исследования было выявление в природе и идентификация трендов постагрогенного воспроизводства почв в лесостепной зоне ЕТР на основе исследования и сравнения их агрохимических свойств.

Объекты и методы исследования

В данной работе анализируются результаты исследований, проведённых авторами на заброшенных сельскохозяйственных землях преимущественно в Курской и Белгородской областях. Для выявления зональных отличий были привлечены также объекты в зоне широколиственных лесов (Орловская область, Новосильский район) и в степных районах Воронежской области (Воробьёвский, Богучарский районы) (рис. 1). Основными объектами исследования являются постагрогенные почвы, находящиеся в трендах ренатурации лесных и лугово-степных экосистем. Для сравнения исследованы фоновые агропочвы (агросерые и агрочернозёмы).

Формирование залежей зачастую определяется процессом эрозионной деградации, что приводит к последовательному забрасыванию участков поля снизу вверх по склону. В итоге наиболее эродированные и старые залежи располагаются в нижней части склонов с крутизной более 7 градусов. Для анализа проводился отбор проб регенерированных постагрогенных горизонтов, остаточных пахотных горизонтов и пахотных горизонтов фоновых агропочв. Схема выбора объектов и отбора проб представлена на рис. 2. Следует учесть, что фоновые агропочвы, как правило, находятся в менее эрозионно опасных условиях, по сравнению с залежами и поэтому менее деградированы. Кроме того, внесение удобрений и использование почвоохранных агротехнологий в некоторой степени компенсирует развитие деградационных процессов. Поэтому основным объектом для контроля служили остаточные пахотные горизонты в профиле постагрогенных почв. Вместе с тем, в этих горизонтах также происходит воспроизводство показателей плодородия [8], поэтому они имеют, вероятно, более благоприятные свойства, по сравнению с ситуацией на момент забрасывания пашни.

Все постагрогенные почвы формируются на эрозионно-деградированных предшественниках со средней или сильной степенью эрозионной сработки гумусового профиля. Датировка залежей проводилась с использованием картографических материалов, спутниковых снимков, дендрохронологическим методом, иногда – историческим методом (например, для участков, отрезанных оборонительными сооружениями времён Великой Отечественной войны). Возраст исследованных залежей составляет от 6 лет (участки «технологических» залежей от выравнивания контуров полей) до 90 лет (участки лесопосадок Новосильской ЗАГЛОС).

В 2020 году был проведён анализ агрохимических показателей 18 объектов, характеризующих воспроизводство постагрогенных чернозёмов под травянистой растительностью (лугово-степные группировки) на территории Белгородской области. Также были проведены исследования в ареале распространения степных чернозёмов Воронежской области. В 2021 году проведён анализ агрохимических показателей 17 залежей, характеризующих воспроизводство постагрогенных серых лесных почв на территории Курской области и (как эталонов лесного почвообразования) в Орловской области (Новосильская ЗАГЛОС). В 2022 году исследовано 10 объектов, характеризующих ситуацию зарастания лесом агрочернозёмов на залежах в Прохоровском районе Белгородской области.

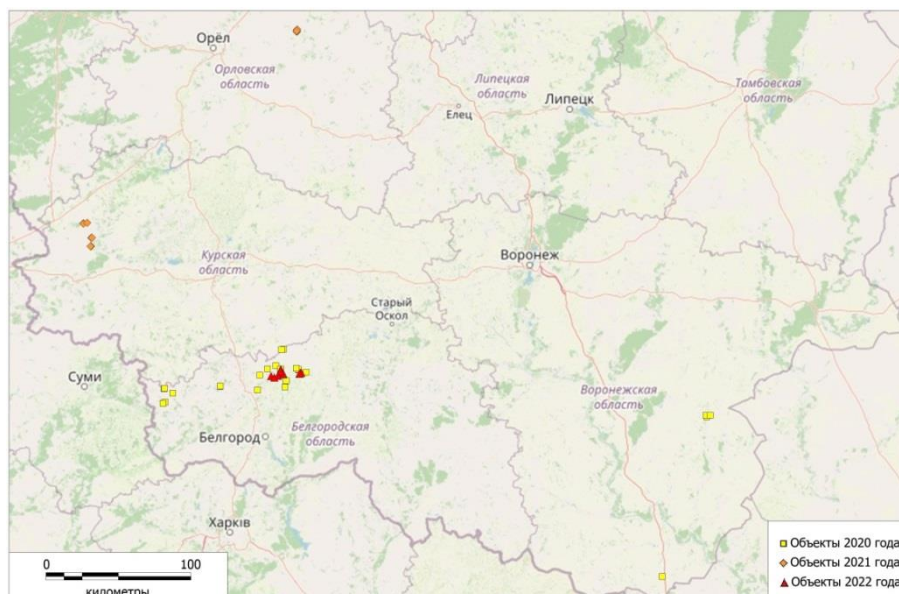


Рис. 1. Расположение объектов исследования

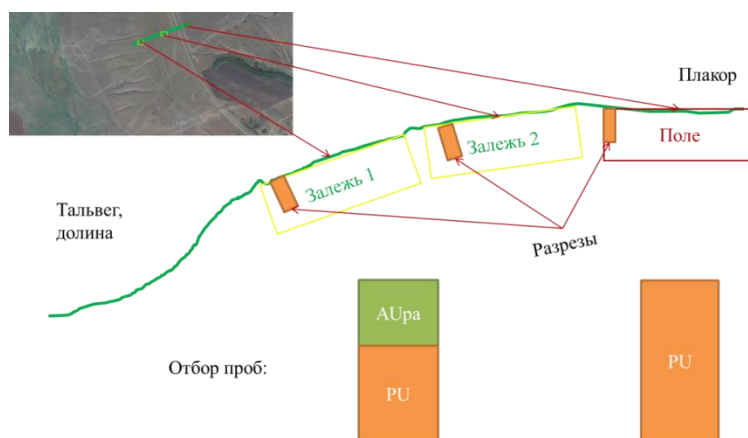


Рис. 2. Схема выбора объектов исследования и отбора почвенных проб

Таким образом, объекты исследования были сгруппированы в 3 выборки, характеризующие основные тренды постагрогенной динамики экосистем в лесостепной зоне (с дополнением объектов в смежных зонах широколиственных лесов и степей). Первая выборка – постагрогенное восстановление чернозёмов под лугово-степной растительностью. Вторая выборка – восстановление серых лесных почв под лесной растительностью (при том, что начальная стадия 0-5 лет происходила, как правило, под травянистой растительностью). Третья выборка – постагрогенная динамика агрочернозёмов при зарастании древесной растительностью. Авторы стремились относительно равномерно представить возрастные группы регенерации почв в каждой выборке. Следует признать, что объём сформированных выборок пока ещё недостаточен для обоснования достоверности различий между ними. Поэтому полученные результаты представляют первые приближения в отношении выявляемых тенденций.

Анализ почвенных образцов проведён в лаборатории ФГБУ «ЦАС «Белгородский» по стандартным методикам определения агрохимических

показателей. Обработка сформированных выборок произведена с использованием статистических программ MS Excel и Statistica.

Результаты и обсуждение

Наиболее заметным результатом постагрогенного развития агропочв является формирование регенерированного гумусового горизонта, наложенного на пахотный слой с разупорядоченной и деградированной почвенной матрицей. В нём происходит восстановление структуры, накопление органического вещества, формирование дерновинного субгоризонта. За 30 лет постагрогенного развития происходит обособление 9-12 см бывшего пахотного слоя, за 80 лет мощность регенерированной части гумусового горизонта возрастает до 14-17 см. Содержание органического вещества возрастает на 0,8-1 абс. % за 30 лет залежного режима, за 78 лет – на 2 абс. %, возрастает содержание валового и гидролизуемого азота. Средняя за 78 лет интенсивность связывания углерода в органическом веществе постагрогенного горизонта залежных почв составляет 0,2-0,3 т/га в год. Такие темпы накопления углерода обуславливают роль постагрогенных почв как важного средства его секвестрации, кроме того выполняющего эколого-реабилитационную функцию в отношении нарушенных экосистем.

В таблицах 1-3 представлены результаты статистической обработки данных об агрохимических свойствах почв выделенных трендов постагрогенной динамики.

Анализ данных выборки агрохимических показателей постагрогенных и фоновых пахотных чернозёмов позволяет обосновать основные направления изменения свойств залежных почв. В регенерированных гумусовых горизонтах достоверно возрастает содержание органического вещества, особенно – лабильной фракции, увеличиваются запасы азота, расширяется отношение C/N, возрастают запасы подвижного фосфора и калия, возрастает ёмкость катионного обмена (в некарбонатных почвах использовался показатель суммы поглощённых оснований), но несколько подкисляется реакция почвенного раствора. При этом некоторые почвенные показатели постагрогенных горизонтов выше, чем в фоновых агропочвах: по содержанию гумуса, подвижного органического вещества, легкогидролизуемого азота. Варьирование почвенных показателей в постагрогенных горизонтах выше, чем в пахотных почвах, что объясняется в первую очередь различием в возрасте залежей.

Статистическая обработка выборки агрохимических показателей постагрогенных серых лесных почв, а также их фоновых агро-аналогов также позволяет судить об основных направлениях изменения свойств этих почв в ходе постагрогенного развития. В регенерированных гумусовых горизонтах показатели плодородия выше, по сравнению не только с остаточными пахотными горизонтами, но и с фоновыми пахотными почвами. Несколько сужается показатель C/N – за счёт интенсивного накопления азота. Накопление углерода в постагрогенных серых лесных почвах менее интенсивное, чем в чернозёмах. Варьирование почвенных показателей в постагрогенных горизонтах выше, по сравнению с пахотными почвами.

Анализ наименее обеспеченной данными выборки постагрогенных чернозёмов под лесной растительностью свидетельствует о прогрессивной

динамике, но имеющей специфику влияния древесного опада и микроклимата лесных условий почвообразования. Так, происходит заметное подкисление почв, сужение отношения C/N. По интенсивности воспроизводства остальных показателей такие почвы занимают промежуточное положение между лугово-степным и лесным трендами постагрогенной динамики экосистем. В наибольшей степени варьируют показатели подвижного фосфора и калия, т.к. эти показатели отражают разнообразие агроэкологических ситуаций в заброшенных пашнях. Наиболее эффективно восстанавливается показатель лабильного органического вещества.

Активное зарастание залежей лесом происходит севернее 50° с.ш., с участием берёзы повислой в Курской и Орловской областях. В Курской области в Хомутовском районе отмечены случаи повторного использования и повторного забрасывания постагрогенных земель, заросших лесной растительностью. В Белгородской области также отмечены участки с лесным постагрогенным трендом ренатурации, формируемым ясенем обыкновенным, ясенем пенсильванским, клёном остролистным, робинией ложноакациевой, клёном ясенелистным (вблизи поселений). Они, как правило, простимулированы лесонасаждениями контурных лесополос, населённых пунктов, в меньшей степени – лесными массивами.

Непосредственное сравнение свойств постагрогенных почв рассмотренных трендов воспроизводства, проведённое методом кластерного анализа (рис. 3), показывает явное обособление «лесных» объектов (обведены красной линией). Два других кластера формируются вариациями свойств почв преимущественно чернозёмного ряда. Однако такой подход к обоснованию трендов недостаточно чувствительный, т.к. значения почвенных свойств могут быть сходными, независимо от возраста залежи и условий воспроизводства. Поэтому для сравнения регенерационных изменений в разных трендах воспроизводства проведено сопоставление свойств постагрогенного (AUp) и остаточного пахотного (PU) горизонтов, выраженное в процентах, где свойства горизонта PU взяты в качестве основы для сравнения. Результаты такого сравнения представлены в табл. 4.

Функциональные отличия формирования почвенных свойств при зарастании залежей лесом и травянистой растительностью следующие. В «лесном» постагрогенном тренде общее содержание органического вещества почв несущественно возрастает в первые 20-30 лет существования залежи по сравнению с пахотной почвой, а затем стабилизируется. Но содержание лабильного органического вещества в залежных лесных почвах во всех случаях выше, чем в пахотных. Так же, как и при формировании луговых и степных сообществ, в лесных постагрогенных почвах в целом наблюдается более высокое содержание подвижных форм НРК, суммы поглощённых оснований, но это отличие менее выражено, чем в «степном» тренде ренатурации. Таким образом, положительные регенерационные изменения постагрогенных лесных почв наиболее существенны в первые два десятилетия залежного режима. В целом лесной тренд ренатурации постагрогенных экосистем лесостепной зоны важен с точки зрения его углерод-депонирующей активности, в которой накопление углерода в биомассе древостоя существенно выше накопления в почве, что может быть использовано в климатических проектах [11].

Таблица 1

Статистические характеристики агрохимических свойств постагрогенных чернозёмов (n=18, время формирования 6-78 лет)
и фоновых агрочернозёмов (n=10)

Объект	Статистические характеристики	Органическое вещество, %	Лабильное органическое вещество, %	Валовый азот, %	C/N	N _{гидр.} , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{вод.}	pH _{сол.}	Ёмкость катионного обмена, мг·экв/100 г почвы
Постагрогенные гумусовые горизонты	среднее	4,78	0,10	0,26	10,92	165,28	21,56	182,39	6,77	5,82	31,97
	стандартное отклонение	1,32	0,07	0,08	1,48	32,40	28,55	88,32	0,82	0,82	9,48
	доверительный интервал среднего	0,65	0,03	0,04	0,74	16,11	14,20	43,92	0,41	0,41	4,71
	минимум	2,9	0,02	0,14	9,34	119	4	83	5,5	4,7	14,8
	максимум	6,8	0,24	0,38	14,91	224	119	378	8,2	7,3	47,2
	вариация, %	27,6	69,6	30,0	13,6	19,6	132,4	48,4	12,1	14,2	29,6
Остаточные пахотные горизонты	среднее	3,29	0,06	0,20	9,82	129,50	10,22	162,06	6,99	6,00	29,29
	стандартное отклонение	0,95	0,06	0,06	1,66	22,43	9,74	90,98	0,91	0,95	8,50
	доверительный интервал среднего	0,47	0,03	0,03	0,83	11,15	4,84	45,24	0,45	0,47	4,22
	минимум	2	0,01	0,12	6,92	84	3	68	5,4	4,5	12,8
	максимум	4,9	0,2	0,31	13,53	161	43	351	8,2	7,2	41
	вариация, %	28,8	89,5	28,8	16,9	17,3	95,2	56,1	13,1	15,8	29,0
Пахотные горизонты фоновых агропочв	среднее	4,61	0,08	0,27	9,79	161,00	55,60	206,00	6,85	5,91	34,96
	доверительный интервал среднего	1,25	0,06	0,06	1,27	34,77	50,17	102,03	0,90	0,87	4,73
	доверительный интервал	0,89	0,04	0,04	0,91	24,87	35,89	72,99	0,65	0,62	3,39
	минимум	2,8	0,02	0,18	8,44	119	8	88	5,9	5	25,2
	максимум	6,9	0,21	0,36	12,76	245	175	367	8,1	7	41,2
	вариация, %	27,1	76,8	22,5	13,0	21,6	90,2	49,5	13,2	14,8	13,5

Составлено авторами

Таблица 2

Статистические характеристики агрохимических свойств постагрогенных серых лесных (n=17, время формирования 5-90 лет) и фоновых агросерых почв (n=8)

Объект	Статистические характеристики	Органическое вещество, %	Лабильное органическое вещество, %	Валовый азот, %	C/N	N _{гидр.} , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{сол.}	Сумма поглощённых оснований мг·экв/100 г почвы
Постагрогенные гумусовые горизонты	среднее	2,60	0,15	0,148	10,80	111,18	107,12	178,71	5,14	17,15
	стандартное отклонение	0,96	0,07	0,042	5,09	27,43	33,20	82,66	0,41	5,90
	доверительный интервал среднего	0,50	0,03	0,022	2,62	14,11	17,07	42,50	0,21	3,03
	минимум	1,10	0,02	0,090	4,25	63,00	50,00	84,00	4,40	9,60
	максимум	4,40	0,24	0,240	22,62	154,00	172,00	410,00	5,70	27,20
	вариация, %	37,04	44,56	28,64	47,13	24,68	30,99	46,26	7,99	34,37
Остаточные пахотные горизонты	среднее	2,41	0,10	0,135	11,92	105,93	87,27	117,93	5,01	14,64
	стандартное отклонение	0,66	0,05	0,072	5,66	19,42	20,83	64,92	0,36	4,62
	доверительный интервал среднего	0,37	0,03	0,040	3,14	10,75	11,53	35,95	0,20	2,56
	минимум	1,40	0,03	0,080	3,97	77,00	40,00	44,00	4,60	9,20
	максимум	3,40	0,21	0,380	24,65	133,00	121,00	280,00	5,60	22,00
	вариация, %	27,54	53,85	53,09	47,51	18,33	23,87	55,04	7,15	31,52
Пахотные горизонты фоновых агропочв	среднее	2,23	0,12	0,116	11,46	103,25	98,25	102,88	4,73	14,65
	стандартное отклонение	0,50	0,08	0,017	3,71	15,31	31,54	25,05	0,57	6,01
	доверительный интервал среднего	0,42	0,06	0,014	3,10	12,80	26,37	20,94	0,47	5,03
	минимум	1,40	0,05	0,090	6,25	84,00	33,00	52,00	4,00	8,40
	максимум	2,90	0,26	0,140	17,40	119,00	126,00	131,00	5,80	25,20
	вариация, %	22,50	65,98	14,49	32,34	14,83	32,11	24,35	11,96	41,04

Составлено авторами

Таблица 3

Статистические характеристики агрохимических свойств постагрогенных чернозёмов под лесной растительностью (n=10, время формирования 6-78 лет) и фоновых агрочернозёмов

Объект	Статистические характеристики	Органическое вещество, %	Лабильное органическое вещество %	Валовый азот,%	C/N	N _{гидр.} , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH _{вод.}	Сумма поглощённых оснований мг·экв/100 г почвы
Постагрогенные гумусовые горизонты	среднее	6,18	0,14	0,33	10,98	198,80	56,90	143,40	6,36	39,24
	стандартное отклонение	1,46	0,04	0,09	1,43	30,46	37,87	58,11	0,69	9,75
	доверительный интервал	1,04	0,03	0,06	1,03	21,79	27,09	41,57	0,49	6,97
	минимум	2,96	0,09	0,18	9,25	126,00	25,00	85,00	5,20	18,00
	максимум	7,96	0,24	0,44	13,56	231,00	159,00	295,00	7,50	52,00
	вариация, %	23,58	31,11	26,01	13,07	15,32	66,55	40,52	10,85	24,84
Остаточные пахотные горизонты	среднее	5,24	0,10	0,27	11,25	178,10	42,90	82,10	6,53	36,12
	стандартное отклонение	1,08	0,03	0,05	1,77	21,52	17,34	12,55	0,58	8,43
	доверительный интервал	0,77	0,02	0,04	1,27	15,40	12,40	8,98	0,41	6,03
	минимум	3,48	0,06	0,17	8,41	140,00	33,00	71,00	5,80	19,60
	максимум	6,71	0,16	0,34	14,97	210,00	89,00	110,00	7,80	52,00
	вариация, %	20,64	34,81	18,57	15,77	12,08	40,41	15,28	8,81	23,35
Пахотные горизонты фоновых агропочв	среднее	5,26	0,09	0,28	10,80	175,00	76,89	96,33	7,03	38,38
	стандартное отклонение	1,07	0,03	0,05	1,10	26,66	50,29	32,61	0,59	6,70
	доверительный интервал	0,82	0,02	0,04	0,84	20,49	38,66	25,07	0,45	5,15
	минимум	4,00	0,06	0,22	8,92	140,00	38,00	68,00	6,20	28,00
	максимум	7,18	0,15	0,37	12,40	224,00	171,00	172,00	7,90	48,00
	вариация, %	20,29	32,21	17,06	10,16	15,23	65,41	33,85	8,41	17,45

Составлено авторами

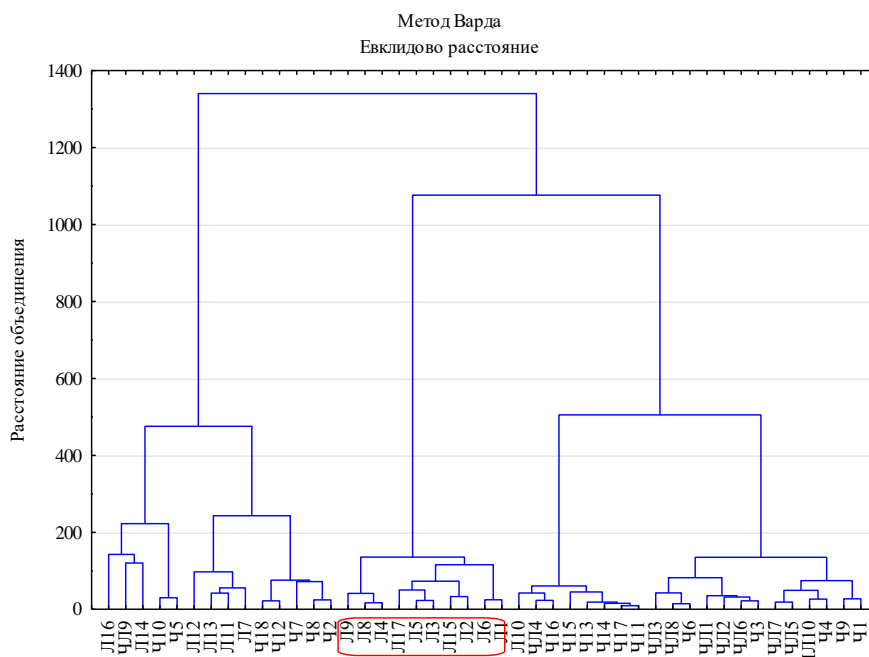


Рис. 3. Кластерный анализ объектов постагрогенного воспроизводства почв в трендах: чернозёмном (Ч), лесном (Л), лесном по чернозёму (ЧЛ)
Составлено авторами

Таблица 4

Сравнение трендов воспроизводства показателей плодородия постагрогенных почв (в % по отношению к остаточному пахотному горизонту), в среднем для хроноинтервала 10-78 лет

Тренд воспроизводства	Органическое вещество	Лабильное органическое вещество	N _{общ.}	C/N	N _{гидр.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	pH _{вод.}	ЁКО* или СПО**
Чернозёмный	+45,0	+50,4	+30,7	+11,2	+27,6	+54,8	+12,5	-3,2	+9,1*
Лесной	+8,0	+45,9	+10,1	-9,4	+4,9	+22,7	+51,5	+2,6	+17,2**
Лесной по чернозёму	+17,8	+44,4	+21,0	-2,4	+11,6	+32,6	+74,7	-2,60	+8,6**

*ЁКО – ёмкость катионного обмена.

**СПО – сумма поглощённых оснований.

Составлено авторами

Сопоставление трендов воспроизводства плодородия постагрогенных почв даёт основание считать чернозёмный тренд наиболее эффективным по восстановлению большинства агрохимических показателей. Единственный показатель, который ухудшается – реакция почвенного раствора, что, вероятно, связано с накоплением кислых продуктов гумификации и «омоложением» гумуса. Это подтверждается расширением отношения C/N. В других трендах отношение C/N сужается. Наименее эффективный в отношении восстановления агрохимических свойств почв – лесной тренд. Однако в нём заметна положительная динамика в отношении суммы поглощённых оснований и

некоторая нейтрализация реакции почвенного раствора. Промежуточное положение занимает ситуация, когда агрочернозёмы зарастают лесом.

Таким образом, несмотря на формальный характер набора агрохимических свойств, по которым проведено сопоставление выборок объектов с разными трендами постагрогенного воспроизводства почв в лесостепной зоне, возможна их количественная дифференциация на три типа. Среди них наиболее распространена ситуация с сохранением зонального аттрактора ренатурации, в котором чернозёмы восстанавливаются на залежах с участием лугово-степной растительности, а серые и тёмно-серые агропочвы, после начальной луговой стадии (0-5 лет), зарастают лесом. Однако следует иметь в виду, современная динамика искусственных насаждений противоэрозионного назначения способствует распространению тренда со сменой аттрактора ренатурации, в котором на агрочернозёмах формируются лесные экосистемы, с соответствующим изменением почвенных свойств.

Выводы

Обобщение полученных данных о строении и агрохимических свойствах постагрогенных почв, формирующихся в ходе восстановительных сукцессий растительных сообществ лесостепной зоны ЕТР, позволяет предположить основные тренды постагрогенной ренатурации экосистем в ареалах агролесных почв и агрочернозёмов при забрасывании сельскохозяйственных угодий:

I. Без смены аттрактора ренатурации.

I.1. Агрочернозём деградированный (агроценоз) → постагрогенный чернозём реградированный (травянистый фитоценоз) → чернозём ренатурированный (степной фитоценоз).

I.2. Агросерая деградированная (агроценоз) → постагрогенная серая реградированная (смена травянистой группировки лесным сообществом) → серая лесная ренатурированная (лесной фитоценоз).

II. Со сменой аттрактора ренатурации.

II.1. Агрочернозём деградированный (агроценоз) → постагрогенный чернозём реградированный (смена травянистой группировки лесным сообществом) → чернозём, деградированный под лесом (лесной фитоценоз).

II.2. Агросерая деградированная (агроценоз) → постагрогенная серая реградированная (травянистый фитоценоз) → постагрогенная серая проградированная (луговой фитоценоз) с перспективой ренатурации луговой или лесной экосистемы, с учётом климатических изменений, влияния фоновых сообществ и изменений землепользования.

Свойства исследованных почв залежей в целом подтверждают ряды:

ряд I.1. – происходит прогрессивное восстановление показателей плодородия, особенно быстрое до 30 лет залежного режима, далее существенно замедляется;

ряд I.2. – сначала происходит незначительное воспроизводство почв по комплексу показателей (гумус, NPK, поглотительная способность), после 10-20 лет зарастания лесом плодородие стабилизируется и снижается, достигая фоновых лесных уровней;

ряд П.1. – сначала происходит расширенное воспроизводство плодородия, затем, после зарастания лесом, происходит стабилизация и незначительное снижение этих показателей, вследствие влияния лесной растительности.

Ряд П.2. – гипотетический, обнаружен не был. На всех участках агросерых почв отмечено лесовозобновление разной интенсивности.

Таким образом, для расширенного воспроизводства почв актуален только ряд I.1., т.к. остальные ряды имеют перспективы восстановления лесных экосистем, депонирующих углерод не в почве, а в фитомассе. Ряд I.1. перспективен для воспроизводства с неограниченным сроком конверсии в обрабатываемые земли, но более целесообразной после 30 лет восстановления, максимально использующего природный регенерационный потенциал. Также следует отметить важность ренатурации и реставрации степных экосистем, дефицитных в Черноземье.

На участках с зарастанием залежей лесной растительностью необходимо принимать решение либо о переводе этих земель в лесной фонд (1), либо о возвратной конверсии в сельскохозяйственные угодья (2). Первый путь актуален для сильнодеградированных земель (ренатурационный тренд) и в природоохранно-эксплуатационных целях (расширение зелёных зон, земель лесного фонда, создание «карбоновых ферм»).

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект №20-67-46017

Литература

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / Под ред. Г. А. Романенко. М.: Росинформагротех, 2008. 64 с.
2. 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.
3. Нечаева Т. В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e215. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/215/268>
4. Голеусов П. В., Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. Москва: ГЕОС, 2009. 210 с.
5. Баева Ю. И., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Телеснина В. М. Сравнительная оценка содержания углерода в постагрогенных почвах различных природно-климатических зон // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. XXVIII. № 2. С. 27-39.
6. Lisetskii F. N., Buryak Z. A., Marinina O. A., Ukrainskiy P. A., Goleusov P. V. Features of Soil Organic Carbon Transformations in the Southern Area of the East European Plain. Geosciences. 2023; 13(9):278. <https://doi.org/10.3390/geosciences13090278>
7. 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.

8. 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. 56-68.
9. 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.
10. Терехин Э. А. Особенности лесовозобновления на залежных землях Среднерусской лесостепи // Известия РАН. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 4. С. 594-604.
11. Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Ипп С. Л., Каганов В. В., Хорошаев Д. А., Рухович Д. И., Сумин Ю. В., Дурманов Н. Д., Кузяков Я. В. (2022). Пилотный карбоновый полигон в России: анализ состояния почв и запасы углерода в лесной растительности. Почвы и окружающая среда, 5(2), e169. URL: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/169/227>

P. V. Goleusov¹,
F. N. Lisetskii¹,
A.V. Malyshev²

Trends in the reproduction of postagrogenic soils in the forest-steppe zone of the European territory of Russia

¹Belgorod State National Research University, Belgorod
e-mail: goleusov@bsu.edu.ru

²Center of agrochemical service "Belgorodsky", Belgorod

Abstract. *The article substantiates the identification of the main trends in post-agrogenic soil reproduction in the forest-steppe zone of the European territory of Russia. The morphology and agrochemical properties of soils of different ages (6-90 years), restored during post-agrogenic dynamics of ecosystems (renaturation) on abandoned agricultural lands subject to erosion degradation, have been studied. The predecessors of postagrogenic soils were agricultural soils with a medium and severe degree of erosional degradation. The most common trends are with the preservation of the zonal attractor of renaturation, in which agrochernozems are restored under meadow-steppe vegetation, and agrogray soils are restored under forest vegetation. In the Belgorod region, a trend of post-agrogenic soil reproduction with a change in the renaturation attractor has also been identified: after agrochernozems are overgrown with forest vegetation due to the spread of tree species forming artificial forest plantations. The most intensive restoration of agrochemical indicators occurs in the chernozem trend. Among agrochemical indicators, the content of mobile organic matter and mobile forms of mineral nutrition elements are restored faster than others.*

Keywords: *postagrogenic soils, forest-steppe soils, soil reproduction, abandoned agricultural lands, renaturation, pedogenesis trends*

References

1. Agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya zemel' Rossii, vybyvshih iz aktivnogo sel'skohozyajstvennogo oborota / Pod red. G. A. Romanenko. M.: Rosinformagrotekh, 2008. 64 s. (in Russian)

2. Lyuri D. I., Goryachkin S. V., Karavaeva N. A., Denisenko E. A., Nefedova T. G. Dinamika sel'skohozyajstvennyh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv. Moskva: GEOS, 2010. 416 s. (in Russian)
3. Nechaeva T. V. Zaleznyye zemli Rossii: rasprostranenie, agroekologicheskoe sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya (obzor) // Pochvy i okruzhayushchaya sreda. 2023. Tom 6. № 2. e215. URL: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/215/268> (in Russian)
4. Goleusov P. V., Liseckij F. N. Vosproizvodstvo pochv v antropogenno narushennyh landshaftah lesostepi. Moskva: GEOS, 2009. 210 s. (in Russian)
5. Baeva YU. I., Kurganova I. N., Lopes de Gerenyu V. O., Telesnina V. M. Sravnitel'naya ocenka sodержaniya ugleroda v postagrogennyh pochvah razlichnyh prirodno-klimaticheskikh zon // Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem. 2017. T. XXVIII. № 2. S. 27-39. (in Russian)
6. Lisetskii F. N., Buryak Z. A., Marinina O. A., Ukrainskiy P. A., Goleusov P. V. Features of Soil Organic Carbon Transformations in the Southern Area of the East European Plain. Geosciences. 2023; 13(9):278. <https://doi.org/10.3390/geosciences13090278>. (in Russian)
7. Telesnina V. M., Kurganova I. N., Lopes de Gerenyu V. O., Ovsepyan L. A., Lichko V. I., Ermolaev A. M., Mirin D. M. Dinamika svojstv pochv i sostava rastitel'nosti v hode postagrogennogo razvitiya v raznyh bioklimaticheskikh zonah // Pochvovedenie. 2017. № 12. S. 1514–1534. (in Russian)
8. Ovsepyan L. A., Kurganova I. N., Lopes de Gerenyu V. O., Rusakov A. V., Kuzyakov YA. V. Izmenenie densitometricheskogo frakcionnogo sostava organicheskogo veshchestva pochv lesostepnoj zony v processe postagrogennoj evolyucii // Pochvovedenie. 2020. № 1. S. 56-68. (in Russian)
9. Bulysheva A. M., Hohlova O. S., Bakunovich N. O., Rusakov A. V., Myakshina T. N. Izmenenie svojstv pochv zalezhnogo ryada Kurskoj oblasti i trendy vosstanovleniya postagrogennyh pochv lesostepnoj i stepnoj zon // Pochvovedenie. 2021. № 8. S. 983-998. (in Russian)
10. Terekhin E. A. Osobennosti lesovozobnovleniya na zaleznyh zemlyah Srednerusskoj lesostepi // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2022. T. 86. № 4. S. 594-604. (in Russian)
11. Kurganova I. N., Lopes de Gerenyu V. O., Ipp S. L., Kaganov V. V., Horoshaev D. A., Ruhovich D. I., Sumin YU. V., Durmanov N. D., Kuzyakov YA. V. (2022). Pilotnyj karbonovyj poligon v Rossii: analiz sostoyaniya pochv i zapasy ugleroda v lesnoj rastitel'nosti. Pochvy i okruzhayushchaya sreda, 5(2), e169. URL: <https://soils-journal.ru/index.php/POS/article/view/169/227> (in Russian)

Поступила в редакцию 25.01.2024 г.