

УДК 631.48
DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-3-463-472

Воспроизводство профиля чернозёма при различной степени нарушения военными действиями

¹Голеусов П.В., ²Малышев А.В.

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

² Центр агрохимической службы «Белгородский»,
Россия, 308027, г. Белгород, ул. Щорса, 8
E-mail: goleusov@bsu.edu.ru

Аннотация. Военные действия приводят к разнообразным повреждениям почвенного покрова, воспроизводство которого зависит от степени нарушения/сохранности почвенного профиля. В этой связи беллигеративные ландшафты являются информативными объектами для исследования процессов воспроизводства почв. В статье рассмотрены результаты формирования чернозёма, нарушенного при сооружении эскарпа во время Курской битвы. Установлена зависимость между степенью сохранности профиля почвы-предшественника нового этапа педогенеза и мощностью новообразованного гумусового горизонта. Химические свойства новообразованной почвы подтверждают различие вариантов воспроизводства в зависимости от степени нарушения/сохранности профиля почвы-предшественника. При разной степени срезания почвенного профиля реализуется вариант аппликативного воспроизводства, причём оно происходит более эффективно на остаточном гумусовом горизонте (A + AB), по сравнению со срединным (Bh,ca). Гумусированный материал, переотложенный при формировании насыпи, также способствует интенсивной регенерации гумусового горизонта. Представленные факты и закономерности могут быть использованы при управлении процессами природного воспроизводства почв в антропогенно нарушенных геосистемах.

Ключевые слова: беллигеративные ландшафты, нарушение почвенного покрова, воспроизводство почв, гумусовый горизонт, экологическая реабилитация, Белгородская область, Курская битва

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №20-67-46017.

Для цитирования: Голеусов П.В., Малышев А.В. 2022. Воспроизводство профиля чернозёма при различной степени нарушения военными действиями. Региональные геосистемы, 46(3): 463–472. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-463-472

Reproduction of Chernozem Profile under Varying Degrees of Disturbance by Military Actions

¹Pavel V. Goleusov, ²Alexander V. Malyshev

¹ Belgorod National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia

² Center of Agrochemical Service "Belgorodsky",
8Schorsa St, Belgorod 308027, Russia
E-mail: goleusov@bsu.edu.ru

Abstract. Military operations lead to various disturbances of the soil cover, the reproduction of which depends on the degree of disturbance/preservation of the soil profile. In this regard, belligerative landscapes are informative objects for studying the processes of soil reproduction. The article discusses the results of chernozem in the area of the Kursk Battle (1943), which was disturbed during the construction of the escarpment. A relationship has been established between the degree of preservation of



the soil profile, which is the precursor of a new stage of pedogenesis, and the thickness of the newly formed humus horizon. This indicator of newly formed soils varies from 10 to 20 cm depending on the degree and method of disturbance of the previous soil. The contents of mobile forms of NPK have the greatest differences. With varying degrees of cutting of the soil profile, the variant of applicative reproduction is implemented, and it is more effective on the residual humus horizon (A + AB), compared to the middle one (Bh,ca). The humus material redeposited during the formation of the embankment also contributes to the intensive regeneration of the humus horizon. The presented facts and regularities can be used in managing the processes of natural soil reproduction in anthropogenically disturbed geosystems.

Keywords: belligerative landscapes, disturbance of soil cover, soil reproduction, humus horizon, ecological rehabilitation, Belgorod region, Kursk Battle

Acknowledgments: The work was supported by the Russian Science Foundation, project No. 20-67-46017.

For citation: Goleusov P.V., Malyshev A.V. 2022. Reproduction of Chernozem Profile under Varying Degrees of Disturbance by Military Actions. *Regional geosystems*, 46(3): 463–472. (In Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-463-472

Введение

Естественное воспроизводство почвы – один из важнейших процессов ренатurationи антропогенно нарушенных геосистем [Голеусов, 2015], закономерности которого должны быть исследованы с целью возможного управления им для решения задач экологической реабилитации деградированных и нарушенных земель. Одной из фундаментальных проблем этого исследования можно считать определение степени влияния сохранившегося (не полностью уничтоженного) профиля почвы, а также гумусированного материала на скорость самоорганизации нового почвенного тела. Знание этой зависимости позволит более рационально подходить к проблеме экологической реабилитации деградированных почв и нарушенных земель, в том числе использования почвенных трансплантов (землевания). Исследования почвенных трансплантов – актуальное направление современной экологии почв [Tarkhov et al., 2018; Benetková et al., 2020], но гораздо меньше сведений о воспроизводстве почвы на нарушенном профиле. Есть мнение [Лисецкий и др., 2017], что аппликативное воспроизводство почвы на залежах происходит быстрее по сравнению с рецентным почвообразованием (например, на культурных слоях археологических памятников).

Реорганизация почвенного профиля и, в частности, формирование главного ресурсного признака – гумусового горизонта, вероятно, может быть рассмотрена как вариант аппликативного (наложенного) развития [Таргульян, 1982], с элементами матричной достройки [Зубкова, Карпачевский, 2001] и палимпсестовой записью почвенной информации [Targulian, Goryachkin, 2004] в профиле новообразованной почвы. Прежде всего, интерес вызывает характер и количественные параметры зависимости скорости формирования нового гумусового горизонта и его свойств от степени сохранности нарушенной почвы-предшественника или участия почвенного материала, например, в различного рода насыпях. Нами ранее [Голеусов, 2016] предложено рассматривать три варианта воспроизводства почв в антропогенно нарушенных геосистемах: первичное – на субстратах, впервые экспонированных в качестве материнской породы; рецентное (квазипервичное) – на переотложенном почвенном материале и вторичное – на остаточном профиле нарушенной почвы. Эти ситуации почвообразования могут довольно тесно соседствовать в пространстве посттехногенных, постселитебных и постагрогенных геосистем. Например, в агроландшафтах это почвы залежей на эродированных угодьях и новообразованные почвы на противоэрозионных сооружениях, в заброшенных или частично рекультивированных карьерно-отвальных комплексах – на участках вскрышных пород и участках землевания, в

постселитебных геосистемах – на развалинах домов, на культурном слое, на участках с абразией почвенного профиля.

Длительность почвообразования формирует ограничения при сборе фактических данных для подтверждения и выявления этой зависимости. Часто используемый метод дневных хронорядов [Геннадиев, 1990; Александровский, Иванов, 2015] вносит значительную вариабельность в почвенно-хронологические данные вследствие пространственной разобщённости объектов и различия экологических ситуаций образования разновозрастных почв. К тому же фактор сохранности профиля почвы-предшественника трудно проследить в этих объектах, соблюдая принцип единственного различия. В таком случае может быть предпринят поиск объектов, в которых нарушение было произведено одномоментно, в одной почвенной разности, а степень сохранности профиля почвы-предшественника в той или иной степени непрерывно или дискретно изменяется в пространстве. Такую, по сути, уникальную возможность обеспечивают объекты беллигеративных ландшафтов Великой Отечественной войны, которые широко распространены в Белгородской области на рубежах Курской битвы (05 июля – 23 августа 1943 года). Почвы беллигеративных ландшафтов, учитывая их широкую распространённость и представленность в различных природных зонах, в целом могут быть рассмотрены как информативные архивы антропогенного воздействия на почвенный покров [Steinweg, Kerth, 2013, 2018; Heiderscheidt, 2018]. В частности, свойства новообразованных почв анализируются в исследованиях их онтогенеза [Гагарина, Шелемина, Абакумов, 2011] и в моделировании процессов формирования отдельных почвенных свойств [Лисецкий, Ергина, 2010].

В беллигеративных ландшафтах [Милюков, 1973], возникающих в период подготовки и ведения военных действий, также очень распространены ситуации нарушения почв при строительстве оборонительных сооружений и непосредственно при огневом воздействии. Нами ранее установлена значительная вариабельность скорости рецентного воспроизводства почв на объектах локального нарушения почв [Голеусов, 2003] – на брустверах окопов, выбросах воронок от взрывов. Особый интерес как модельные объекты вызывают противотанковые земляные сооружения – валы и эскарпы. Их линейная протяжённость велика (сотни метров – километры). Расположены они в разных элементах ландшафта, но, как правило, на склонах. При их строительстве происходит срезание (скальпирование) почвенного профиля, формирование выемок и насыпей, т.е. все варианты воспроизводства почв можно исследовать на довольно компактном участке, не превышающем нескольких десятков метров. Вышеизложенное определило выбор данных объектов антропогенно нарушенных геосистем для исследования и эмпирического обоснования различий вариантов воспроизводства почв.

Объекты и методы исследований

В период подготовки к Курской битве при создании трёх линий обороны на территории Белгородчины сформировались беллигеративные ландшафты площадью около 171 тыс. га, в том числе 970 км противотанковых рвов, траншей и ходов сообщения, более 8500 окопов, огромное количество блиндажей, землянок, укрытий и других военных сооружений. Инженерные работы были выполнены в период с апреля по май 1943 г. войсками 6-й и 7-й армий Воронежского фронта [Колтунов, Соловьёв, 1970; Курская битва, 1970].

Один из ключевых участков обороны, на который был направлен первый удар наступающих войск фашистской Германии, проходил по линии Герцовка-Бутово-Триречное. Здесь, вблизи с. Триречное, хорошо сохранились элементы инженерных сооружений в долине р. Бутовской, на южном склоне которой заметен противотанковый ров и вал, а на северном – эскарпы и линии траншей, ходов сообщения и стрелковые ячейки, сооружённые солдатами 199-го гвардейского стрелкового полка и местными жителями [Замулин, 2007].

На рис. 1 представлена ситуационная схема расположения объекта исследования – почвенной траншеи длиной 14 м, выкопанной перпендикулярно западному эскарпу на склоне южной экспозиции (северный склон долины р. Бутовской). С помощью эскарпа была увеличена крутизна стенки оврага, примыкающего с запада к позиции советских воинов.

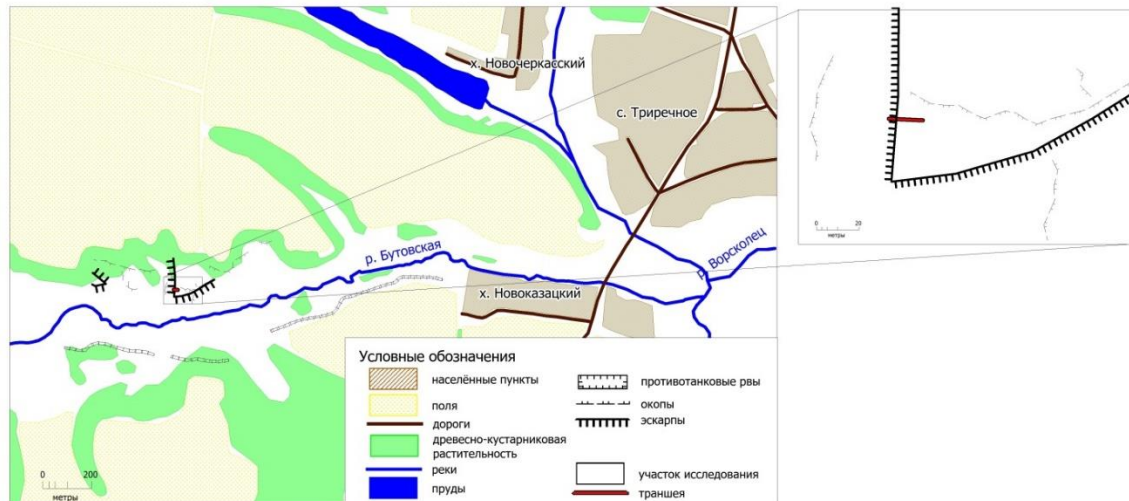


Рис. 1. Схема расположения участка исследования и почвенной траншеи

Fig. 1. Scheme of research site and soil trench location

Общий вид траншеи показан на рис. 2. Исследуемый участок отрезан от ближайшего поля линией окопов и лесной полосой, так что с момента Курской битвы он не пахался и более 70 лет находится в режиме естественного воспроизводства почвенно-растительного покрова. Нарушение поверхности при строительстве противотанкового эскарпа произведено путём срезания верхней части профиля почвы на разную глубину и даже полного его уничтожения при формировании отвала, повышающего крутизну склона. Поверхность хорошо задернована (ассоциация злаково-ракетниковая), с высотой травостоя около 50 см и общим проективным покрытием более 85 %. Ценозообразующий вид – ракетник русский (*Chamaecytisus ruthenicus*, на фото (рис. 2) формирует жёлтый аспект) свидетельствует об отсутствии нарушений поверхности в течение многих десятилетий.

В траншее с интервалом около 0,5 м проведены морфологические описания и отбор образцов из гумусового горизонта в 27 точках-профилях с разными ситуациями нарушения. Проведена нивелировка поверхности, по результатам которой определён перепад высоты в 1,32 м – между основанием насыпи и противоположным концом траншеи. Отвал эскарпа имеет высоту около 30 см. В зоне эскарпа почва полностью уничтожена срезанием и отвалом, а в начале траншеи – срезана в разной степени. В каждом описании фиксировались мощности новообразованных и унаследованных от нарушенной почвы-предшественника горизонтов. В образцах по стандартным методикам в лаборатории Центра агрохимической службы «Белгородский» определены такие химические показатели, как содержание подвижного органического вещества, подвижных NPK, ёмкости катионного обмена (ЁКО), pH водной суспензии. Эти показатели использованы для выявления различий в новообразованном почвенном покрове. Статистическое обоснование различий почвенных профилей произведено методом кластерного анализа, для сравнения средних значений использован t-тест, для выявления взаимосвязей проведён корреляционно-регрессионный анализ. В статистических расчётах использованы программы *MS Excel* и *Statistica*.



Рис. 2. Общий вид траншеи
Fig. 2. General view of the trench

Результаты и их обсуждение

Фоновая почва, нарушенная при создании оборонительных сооружений, представлена чернозёмом типичным среднесмытым (мощность гумусового горизонта 45–50 см) среднесуглинистым. Глубина вскипания от 10%-ной соляной кислоты с 15–20 см. Содержание гумуса в горизонте А – 4,2–4,7 %. В почве морфологически выделяются верхние 20 см, имеющие более однородную окраску, чем нижележащий горизонт АВ, ровную границу, что предполагает механическую обработку до начала войны. В траншее почва точки 1 (Т1) практически соответствует фоновой почве по морфологическому строению (мощность гумусового горизонта – 42 см). Далее, через 3 м (Т7) в рельефе наблюдается вогнутая часть, вероятно, соответствующая участку срезания почвы. В этой зоне глубина вскипания от соляной кислоты не превышает 2 см. На дистанции 5 м от начала траншеи в профиле исчезает переходный гумусовый горизонт (АВ) почвы-предшественника, остаётся только горизонт гумусовых затёков Bh_{ca}. На дистанции 10 м исчезает и этот горизонт, а почвообразование происходит на насыпном субстрате (включающем гумусированный материал) небольшого отвала перед эскарпом. Последняя точка (Т27) описана в основании этого отвала.

Во всех точках траншеи морфологически (по структуре и окраске) хорошо обособлен новообразованный гумусовый горизонт мощностью 10–20 см. Наибольшая его мощность (14–20 см) характерна для начального участка траншеи, где сохранился горизонт АВ почвы-предшественника. Наименьшая мощность (10–12 см) – на участке с полностью срезанным горизонтом АВ. На отвале почвенного материала мощность снова возрастает (13–16 см). Зависимость мощности новообразованного гумусового горизонта от степени нарушения почвы хорошо заметна визуально. Особенности строения почв траншеи схематически представлены на рис. 3.

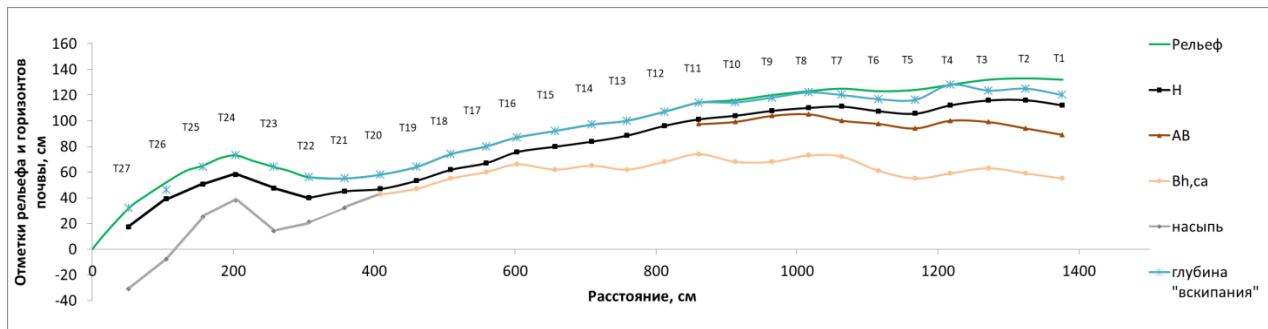


Рис. 3. Схема строения профилей почв в траншее
Fig. 3. Scheme of soil profiles structure in the trench

Для выделения групп точек почвенных описаний, определяющих зоны с различными вариантами воспроизводства почв, проведён кластерный анализ с использованием данных о морфологическом строении сравниваемых объектов: глубины нижних границ новообразованного гумусового горизонта (Н), горизонтов остаточной части профиля почвы-предшественника (гор. АВ, Bh,ca), линии вскипания от 10%-го раствора HCl, мощности насыпи. В результате была получена группировка объектов, представленная на рис. 4.

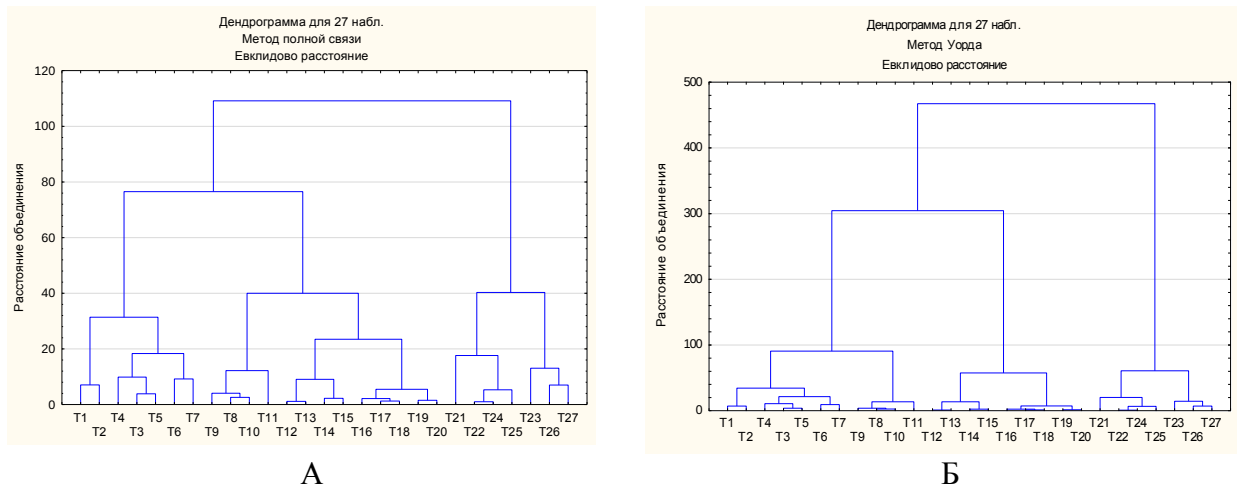


Рис. 4. Дендрограммы кластерного анализа морфологических различий точек почвенных описаний: А – метод полной связи; Б – метод Уорда
Fig. 4. Cluster analysis dendrograms of morphological differences between the points of soil descriptions: А – complete linkage method; Б – Ward's method

Классификация произведена методом полной связи, позволяющим учесть максимальные различия объектов, и методом Уорда, использующим для сравнения кластеров изменчивость в группах [Jain et al., 1999]. Результаты анализа в целом сходны, различается лишь положение точек переходной зоны (Т8-Т11), в которых остаточная мощность горизонта АВ менее 20 см. Вероятно, при такой остаточной мощности гумусового горизонта почвы-предшественника, его влияние на повышение скорости нового почвообразования уже не столь существенно, а более сопоставимо с влиянием нижележащих горизонтов, в данном случае – Bh,ca.

Сопоставление химических свойств новообразованных гумусовых горизонтов для разных вариантов воспроизводства повышает объективность их выделения. Нами был произведено вычисление t-статистики ($P = 0,95$) для разных групп точек, классифицированных указанными выше методами. Следует отметить, что статистическая обеспеченность результатов невелика, и поэтому имеет смысл сравнивать лишь средние значения по группам. В целом группы, выделенные методом полной связи, имеют несколько более выраженные отличия по средним значениям показателей, поэтому в таблице представлены эти значения.

Средние значения мощности новообразованного гумусового горизонта (Н)
и некоторых химических свойств почв различных участков траншеи
Average thickness values of the newly formed humus horizon (H) and some chemical properties
of soils in different sections of the trench

Группа точек описания	Н, см	Содержание подвижного органического вещества, %	N гидр.	P ₂ O ₅ подв.	K ₂ O подв.	ЁКО *, мг·экв./ 100 г почвы	pH _{вод.}
			мг/кг				
T1-T7	16,75±1,73	0,032±0,003	142,00±15,28	4,00±0,53	211,71±27,42	23,00±2,29	7,70±0,23
T8-T20	12,08±0,50	0,027±0,004	124,92±11,69	6,08±1,74	225,69±28,88	19,66±1,72	7,78±0,08
T21-T27	14,29±2,03	0,027±0,006	144,00±12,87	8,00±2,07	241,00±14,43	24,31±2,87	7,85±0,11

В целом новообразованный гумусовый горизонт почвы, образующейся на наименее нарушенной почве, достоверно ($P > 0,95$) характеризуется наибольшей мощностью и наиболее высоким содержанием подвижного органического вещества, но уступает по обеспеченности фосфором и калием; на срединной части нарушенной почвы – наименьшей мощностью, наименьшим количеством легкогидролизуемого азота, наименьшей ёмкостью катионного обмена. По показателям плодородия (NPK) наиболее благоприятными свойствами обладает гумусовый горизонт новообразованных почв на насыпном гумусированном почвенном материале.

Наиболее важным признаком нарушенной поверхности, на которой началось регенерационное почвообразование, в исследованной траншее стало наличие гумусированного слоя почвы-предшественника. В одном случае он был в составе нарушенного профиля почвы-предшественника, а в другом случае – насыпным, что соответствует вариантам аппликативного и рецентного воспроизводства почв. Аппликативное воспроизводство может происходить и на срединных горизонтах нарушенных почв, но эдафические свойства новообразованного гумусового горизонта в таком случае будут также определяться свойствами остаточного профиля.

Количественное определение зависимости мощности новообразованного гумусового горизонта от остаточной мощности гумусового горизонта (AB) проведено путём корреляционно-регрессионного анализа. Степень взаимосвязи, выраженная коэффициентом линейной корреляции, составляет $0,92 \pm 0,13$, а регрессионная зависимость имеет следующий вид (рис. 5).

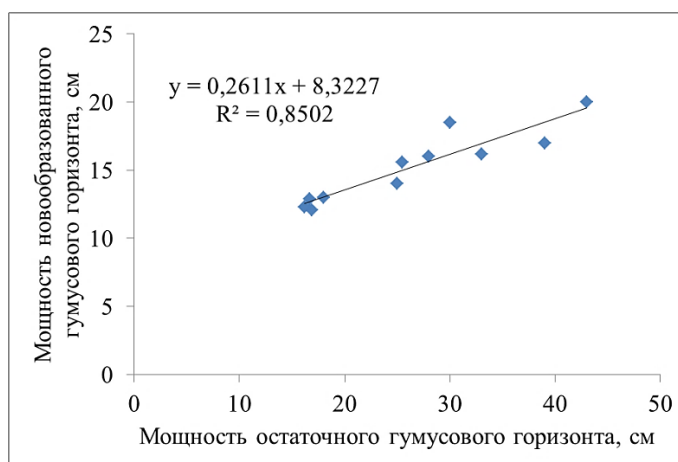


Рис. 5. Зависимость мощности новообразованного гумусового горизонта от остаточной мощности гумусового горизонта почвы-предшественника
Fig. 5. Dependence of the thickness of the newly formed humus horizon on the residual thickness of the humus horizon of the precursor soil

Из уравнения на рис. 5 следует, что на каждый сантиметр сохранившейся мощности гумусового горизонта приходится возрастание мощности новообразованного гумусового горизонта на 2,6 мм. Но при этом следует учесть, что эмпирический ряд недостаточно обеспечен данными. Например, неясно, до какого уровня сохранности профиля почвы-предшественника этот прирост будет замечен. По результатам предшествующих исследований почв залежей, проведенных авторами [Goleusov, Malyshev, 2021], можно гипотетически предположить, что в лесостепной зоне при мощности остаточного гумусового горизонта чернозёмов типичных более 50 см этот прирост (по сравнению с более эродированными аналогами) будет уже неочевиден. Однако подтверждение этой гипотезы требует дополнительных исследований.

Заключение

В бelligеративных ландшафтах происходит расширенное воспроизводство почв на объектах с нарушенным почвенным покровом. Элементы фортификационных сооружений могут быть использованы в качестве моделей для исследования особенностей этого процесса с хорошо датированным началом регенерационного почвообразования. На примере участка сооружения противотанкового эскарпа установлено, что в зависимости от степени и способа нарушения почвы результаты воспроизводства будут различаться. Это предполагает поиск закономерностей, которые могут быть использованы в управлении эколого-реабилитационными процессами в геосистемах с нарушенным почвенным покровом. В любом случае, для прогнозирования интенсивности воспроизводства почв необходимо ценить степень нарушения профиля почвы. Аппликативный и рецентный варианты воспроизводства чернозёмов могут быть достаточно эффективны, если они происходят при участии гумусированного материала почвы-предшественника. Аппликативное воспроизводство на срединной части профиля нарушенной почвы характеризуется меньшей интенсивностью по сравнению с почвообразованием на остаточном гумусовом горизонте или на насыпном гумусированном материале.

Список литературы

- Александровский А.Л., Иванов И.В. 2015. Методы изучения эволюции и возраста почв и почвенного покрова. В кн.: Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. Под ред. В.Н. Кудярова. М., ГЕОС: 39–57.
- Гагарина Э.И., Шелемина А.Н., Абакумов Е.В. 2011. Онтогенез почв на земляных бelligеративных сооружениях Ленинградской области. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология, 1: 100–107.
- Геннадиев А.Н. 1990. Почвы и время: модели развития. М., Изд-во МГУ, 232 с.
- Голёусов П.В. 2016. Первичное, рецентное и вторичное почвообразование как варианты самоорганизации почв в антропогенно нарушенных геосистемах. В кн.: Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны. Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, 15–22 августа 2016, Белгород. Москва-Белгород, Издательский дом «Белгород»: 166–167.
- Голёусов П.В. 2015. Самоорганизация антропогенно нарушенных геосистем (обзор теоретических оснований концепции экологической ренатурации). Современные проблемы науки и образования, 2–2. Электронный ресурс. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23272> (дата обращения: 20.07.2022).
- Голёусов П.В. 2003. Формирование почв в различных комбинациях субстратно-фитоценологических условий лесостепной зоны. Почвоведение, 9: 1050–1060.
- Замулин В.И. 2007. Курский излом. Решающая битва Отечественной войны. М., Яуза, 960 с.
- Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. 2001. Матричная организация почв. М., РУСАКИ, 296 с.
- Колтунов Г.А., Соловьев Б.Г. 1970. Курская битва. М., Воениздат, 400 с.
- Курская битва. 1970. Под ред. И.В. Паротькина. М., Наука, 543 с.

- Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. 2010. Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене. Почвоведение, 6: 643–657.
- Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. 2017. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. Воронеж, Издательский дом ВГУ, 432 с.
- Мильков Ф.Н. 1973. Человек и ландшафты: очерки антропогенного ландшафтоведения. М., Мысль, 224 с.
- Таргульян В.О. 1982. Развитие почв во времени. В кн.: Проблемы почвоведения. М., Наука: 108–112.
- Benetková P., Tichý L., Háněl L., Kukla J., Vicentini F., Frouz J. 2020. The Effect of Soil and Plant Material Transplants on Vegetation and Soil Biota During Forest Restoration in a Limestone Quarry: A Case Study. Ecological Engineering, 158: 106039. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.106039.
- Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource Characteristics of Post-Agrogenic Chernozems in Multiple-Aged Fallow Lands of the Belgorod Region. In: Steppes of Northern Eurasia. Ninth International Symposium, 7–11 June 2021, Orenburg, Series: Earth and Environmental Science, 817(1): 012036. DOI:10.1088/1755-1315/817/1/012036.
- Heiderscheidt D. 2018. The Impact of World War one on the Forests and Soils of Europe. Ursidae: The Undergraduate Research Journal at the University of Northern Colorado, 7(3): Art. 3. URL: <https://digscholarship.unco.edu/urj/vol7/iss3/3> (accessed: 20.07.2022)
- Jain A., Murty M., Flynn P. 1999. Data Clustering: A Review. ACM Computing Surveys, 31(3): 264–323.
- Steinweg B., Kerth M. 2013. Kriegsbeeinflusste Böden: Böden als Zeugen des 1. und 2. Weltkrieges. Bodenschutz, 2(13): 52–57.
- Steinweg B., Kerth M. 2018 Soils as Witnesses of Wars: an Overwiev and Further Research Needs. In: Novel Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia. Vol. I Landscapes in the 21th Century: Status Analyses, Basic Processes and Research Concepts. Main editors Viktor G. Sychev, Lothar Mueller. Moskow. Publishing House FSBSI «Pryanishnikov Institute of Agrochemistry»: 76–80.
- Targulian V.O., Goryachkin S.V. 2004. Soil Memory: Types of Record, Carriers, Hierarchy and Diversity. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21(1): 1–8.
- Tarkhov M., Matyshak G., Bogatyrev L. 2018. Soil Transplant Experiment: the Initial Results of Coring the Original Permafrost Peatland Soils to the “Warm” Plots. In: EGU General Assembly. EGU 2018, Proceedings from the conference held, 4–13 April 2018, Vienna, Austria: 1131.

References

- Aleksandrovsky A.L., Ivanov I.V. 2015. Metody izucheniya evolyutsii i vozrasta pochv i pochvennogo pokrova [Methods for Studying the Evolution and Age of Soils and Soil Cover]. In: Evolution of Soils and Soil Cover. Theory, Diversity of Natural Evolution and Anthropogenic Transformations of Soils. Ed. by V.N. Kudeyarov. Moscow, Publ. GEOS: 39–57.
- Gagarina E.I., Shelemina A.N., Abakumov E.V. 2011. Ontogenesis of Soils on Earth Military Excavations of the Leningrad Region. Vestniks of Saint Petersburg University. Series 3. Biology, 1: 100–107 (in Russian).
- Gennadiyev A.N. 1990. Pochvy i vremya: modeli razvitiya [Soils and Time: Development Models]. Moscow, Publ. MSU, 232 p.
- Goleusov P.V. 2016. Pervichnoye. retsentnoye i vtorichnoye pochvoobrazovaniye kak varianty samoorganizatsii pochv v antropogenno narushennykh geosistemakh [Primary, Recent and Secondary Soil Formation as Variants of Soil Self-Organization in Anthropogenically Disturbed Geosystems]. In: Pochvovedeniye – prodovolstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany [Soil science – food and environmental security of the country]. Abstracts of the VII Congress of the Society of Soil Scientists. V.V. Dokuchaev and the All-Russian scientific conference with international participation, 15–22 August 2016, Belgorod. Moscow-Belgorod, Publ. Belgorod: 166–167.
- Goleusov P.V. 2015. Self-Organization of Anthropogenically Disturbed Geosystems (Review of the Theoretical Foundations of the Concept of Ecological Renaturation). Modern problems of science and education, 2–2. Electronic resource. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=23272> (accessed: 20.07.2022) (in Russian).
- Goleusov P.V. 2003. Soil Formation Under Different Combinations of Substrate and Phytocenotic Conditions in the Forest-Steppe Zone. Eurasian Soil Science, 36(9): 937–945 (in Russian).



- Zamulin V.I. 2007. Kurskiy izlom. Reshayushchaya bitva Otechestvennoy voyny [Kursk Break. Decisive Battle of the Patriotic War]. Moscow, Publ. Yauza, 960 p.
- Zubkova T.A., Karpachevsky L.O. 2001. Matrix Organization of Soils. Moscow, Publ. RUSAKI, 296 p. (in Russian).
- Koltunov G.A., Solovyev B.G. 1970. Kurskaya bitva [Battle of Kursk]. Moscow, Publ. Voenizdat, 400 p.
- Kurskaya bitva [Battle of Kursk]. 1970. Ed. by I.V. Parotkin. Moscow, Publ. Nauka, 543 p.
- Leesetskii F.N., Ergina E.I. 2010. Soil Development on the Crimean Peninsula in the Late Holocene. Eurasian Soil Science, 43(6): 601–613 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229310060013.
- Lisetskii F.N., Marinina O.A., Buryak Zh.A. 2017. Geoarchaeological Researches of Historical Landscapes of Crimea. Voronezh, Publ. VSU, 432 p. (in Russian).
- Milkov F.N. 1973. Chelovek i landshafty: ocherki antropogennogo landshaftovedeniya [Man and landscapes: essays on anthropogenic landscape science]. Moscow, Publ. Mysl, 224 p.
- Targulian V.O. 1982. Razvitiye pochv vo vremeni [Soil development over time]. In: Problemy pochvovedeniya [Problems of soil science]. Moscow, Publ. Nauka: 108–112.
- Benetková P., Tichý L., Háněl L., Kukla J., Vicentini F., Frouz J. 2020. The Effect of Soil and Plant Material Transplants on Vegetation and Soil Biota During Forest Restoration in a Limestone Quarry: A Case Study. Ecological Engineering, 158: 106039. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2020.106039.
- Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource Characteristics of Post-Agrogenic Chernozems in Multiple-Aged Fallow Lands of the Belgorod Region. In: Steppes of Northern Eurasia. Ninth International Symposium, 7–11 June 2021, Orenburg, Series: Earth and Environmental Science, 817(1): 012036. DOI:10.1088/1755-1315/817/1/012036.
- Heiderscheidt D. 2018. The Impact of World War one on the Forests and Soils of Europe. Ursidae: The Undergraduate Research Journal at the University of Northern Colorado, 7(3): Art. 3. URL: <https://digscholarship.unco.edu/urj/vol7/iss3/3> (accessed: 20.07.2022)
- Jain A., Murty M., Flynn P. 1999. Data Clustering: A Review. ACM Computing Surveys, 31(3): 264–323.
- Steinweg B., Kerth M. 2013. Kriegsbeeinflusste Böden: Böden als Zeugen des 1. und 2. Weltkrieges. Bodenschutz, 2(13): 52–57.
- Steinweg B., Kerth M. 2018 Soils as Witnesses of Wars: an Overview and Further Research Needs. In: Novel Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia. Vol. I Landscapes in the 21th Century: Status Analyses, Basic Processes and Research Concepts. Main editors Viktor G. Sychev, Lothar Mueller. Moscow. Publishing House FSBSI «Pryanishnikov Institute of Agrochemistry»: 76–80.
- Targulian V.O., Goryachkin S.V. 2004. Soil Memory: Types of Record, Carriers, Hierarchy and Diversity. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 21(1): 1–8.
- Tarkhov M., Matyshak G., Bogatyrev L. 20018. Soil Transplant Experiment: the Initial Results of Coring the Original Permafrost Peatland Soils to the “Warm” Plots. In: EGU General Assembly. EGU 2018, Proceedings from the conference held, 4–13 April 2018, Vienna, Austria: 1131.

Поступила в редакцию 26.07.2022;

поступила после рецензирования 23.08.2022;

принята к публикации 06.09.2022

Received July 26, 2022;

Revised August 23, 2022;

Accepted September 06, 2022

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Голеусов Павел Вячеславович, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия

Малышев Александр Валерьевич, инженер-программист ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Pavel V. Goleusov, professor, Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Alexander V. Malyshev, software engineer, Agrochemical Service Center «Belgorodsky», Belgorod, Russia