Оригинальная статья / Original article
УДК 631.4
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-145-160

Агроэкологическая оценка залежных почв северо-запада Республики Башкортостан

Айдар Ф. Гумеров[1], Тимур И. Низамутдинов[1], Евгений В. Абакумов[1], Руслан Р. Сулейманов[2,3]
[1]Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
[2]Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия
[3]Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

Контактное лицо
Айдар Ф. Гумеров, аспирант 3-го курса, кафедра прикладной экологии, Санкт-Петербургский государственный университет; 199178 Россия, г. Санкт-Петербург, В.О., 16 линия, 29.
Тел. +79373301310
Email aidargumerov1997@mail.ru
ORCID https://orcid.org/0000-0001-8494-8314

Формат цитирования
Гумеров А.Ф., Низамутдинов Т.И., Абакумов Е.В., Сулейманов Р.Р. Агроэкологическая оценка залежных почв северо-запада Республики Башкортостан // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 4. С. 145-160. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-145-160

Получена 25 января 2023 г.
Прошла рецензирование 24 марта 2023 г.
Принята 5 июня 2023 г.

Резюме

Цель. Провести анализ образцов залежных почв северо-запада Республики Башкортостан с целью выявления основных характеристик, свойств почвенного покрова.

Материал и методы. Полевые исследования были проведены в ноябре 2021-го года и в августе 2022-го года. Был выбран ключевой участок, заброшенное сельскохозяйственное угодье, на территории Нижнекарышевского сельсовета Балтачевского района. Во время работ было отобрано 45 почвенных образцов, с горизонта PY (глубина 10–20 см). Также для исследуемого ключевого участка было проведено морфологическое описание почвы. Во время лабораторных исследований были изучены следующие свойства: актуальная кислотность, потенциальная кислотность, содержание органического вещества, базальное дыхание почвы.

Результаты. Полученные результаты показали пространственную неоднородность распределения свойств почвенного покрова (актуальной и потенциальной кислотности, базального дыхания, содержания углерода и гумуса) на исследуемом участке. Такая неоднородность складывается под воздействием комплекса физико-географических факторов.

Заключение. В дальнейшем наши исследования также будут посвящены изучение залежных земель на серых лесных почвах. Необходимо сделать упор на изучении взаимосвязи свойств почвенного покрова с растительными сообществами и геолого-геоморфологическими условиями. Изучение различных физико-географических факторов, влияющих на почвенный покров, позволит более детально описать весь механизм, эволюцию почв заброшенных сельскохозяйственных земель.

Ключевые слова
Залежные почвы, сельскохозяйственные земли, химическая характеристика, Южное Предуралье, продовольственная безопасность, агроэкосистема.

© 2023 Авторы. *Юг России: экология, развитие*. Это статья открытого доступа в соответствии с условиями Creative Commons Attribution License, которая разрешает использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии правильного цитирования оригинальной работы.

Agroecological assessment of fallow soils in the north-west of the Republic of Bashkortostan

Aidar F. Gumerov[1], Timur I. Nizamutdinov[1], Evgeny V. Abakumov[1] and Ruslan R. Suleymanov[2,3]
[1]Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia
[2]Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
[3]Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Principal contact
Aidar F. Gumerov, 3nd year postgraduate student, Department of Applied Ecology, St. Petersburg State University; 29 V.O., line 16, St. Petersburg, Russia 199178.
Tel. +79373301310
Email aidargumerov1997@mail.ru
ORCID https://orcid.org/0000-0001-8494-8314

How to cite this article
Gumerov A.F., Nizamutdinov T.I., Abakumov E.V., Suleymanov R.R. Agroecological assessment of fallow soils in the north-west of the Republic of Bashkortostan. *South of Russia: ecology, development.* 2023, vol. 18, no. 4, pp. 145-160. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-145-160

Received 25 January 2023
Revised 24 March 2023
Accepted 5 June 2023

Abstract
Aim. To analyse samples of fallow soils in the north-west of the Republic of Bashkortostan in order to identify the main characteristics and properties of the soil cover.
Material and Methods. Field studies were carried out in November 2021 and August 2022. A key site was chosen, an abandoned agricultural land in the territory of the Nizhnekaryshevsky village council of the Baltachevsky district. During the work, 45 soil samples were taken from the PY horizon (depth 10–20 cm). A morphological description of the soil was also carried out for the key area studied. During laboratory studies, the following properties were investigated: actual acidity, potential acidity, organic matter content, basal soil respiration.
Results. The results obtained showed the spatial heterogeneity of the distribution of soil cover properties (actual and potential acidity, basal respiration, carbon and humus content) in the study area. Such heterogeneity is formed under the influence of a complex of physical and geographical factors.
Conclusion. In the future, our research will also be devoted to the study of fallow lands on grey forest soils. Emphasis should be placed on studying the relationship between soil cover properties and plant communities and geological and geomorphological conditions. The study of various physical and geographical factors affecting the soil cover will make it possible to describe in more detail the entire mechanism and evolution of soils of abandoned agricultural lands.

Key Words
Fallow soils, agricultural lands, chemical characteristics, Southern Cis-Urals, food security, agroecosystem.

© 2023 The authors. *South of Russia: ecology, development*. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире наблюдается острая фаза мирового продовольственного кризиса. Данный кризис связан нестабильной геополитической обстановкой в мире, пандемией COVID-19, инфляцией, а также влиянием глобального изменения климата [1; 2]. Разрушаются цепочки поставок продовольствия и налаженные ранее экономические связи. Из-за засухи, наводнений, пожаров создается угроза ведению сельского хозяйства. В условиях меняющегося климата особенно важно учитывать степень изменений климатических условий каждого региона, где осуществляется сельскохозяйственная деятельность [3].

Вся совокупность вышеперечисленных факторов только усугубляет мировой продовольственный кризис. Для преодоления кризиса, недопущения дефицита продовольствия, голода как в масштабе отдельно взятой страны, так и в целом мире необходимо принять ряд срочных мер, основанных на строгой научной базе [4]. Одним из таких мер является увеличение площади земель для возделывания различных сельскохозяйственных культур [5]. Увеличению площади сельскохозяйственных земель может помочь возвращение обратно в оборот заброшенных земель. Проблема заброшенных сельскохозяйственных земель особенно актуальна для стран бывшего СССР [6] (рис. 1). Конкретно в Российской Федерации, с целью решения задачи возвращения залежных земель обратно в сельскохозяйственный оборот запущена федеральная программа «Вторая целина». Реализация этой программы может способствовать возвращению 13 с лишним миллион гектаров заброшенных сельскохозяйственных угодий [7].

Стоит вкратце отметить причины возникновения залежей. Упразднение колхозно-совхозной системы 1990-е годы в Российской Федерации, в результате перехода от плановой системы к рыночной экономике, привели к отчуждению сельскохозяйственных земель [8]. По некоторым оценкам площадь этих земель составляет около 40 млн. га [9]. Судьба заброшенных сельхозугодий оставалась неопределенной, в государственном кадастре эти земли оставались землями сельскохозяйственного назначения. На практике, эти угодья не использовались в сельскохозяйственных целях, тем самым они переходили в состояние залежи [10]. Залежными считаются те сельскохозяйственные угодья, которые ранее использовались как пашня, но не используемые после этого больше года (отсчет идет, начиная с осени) [11].

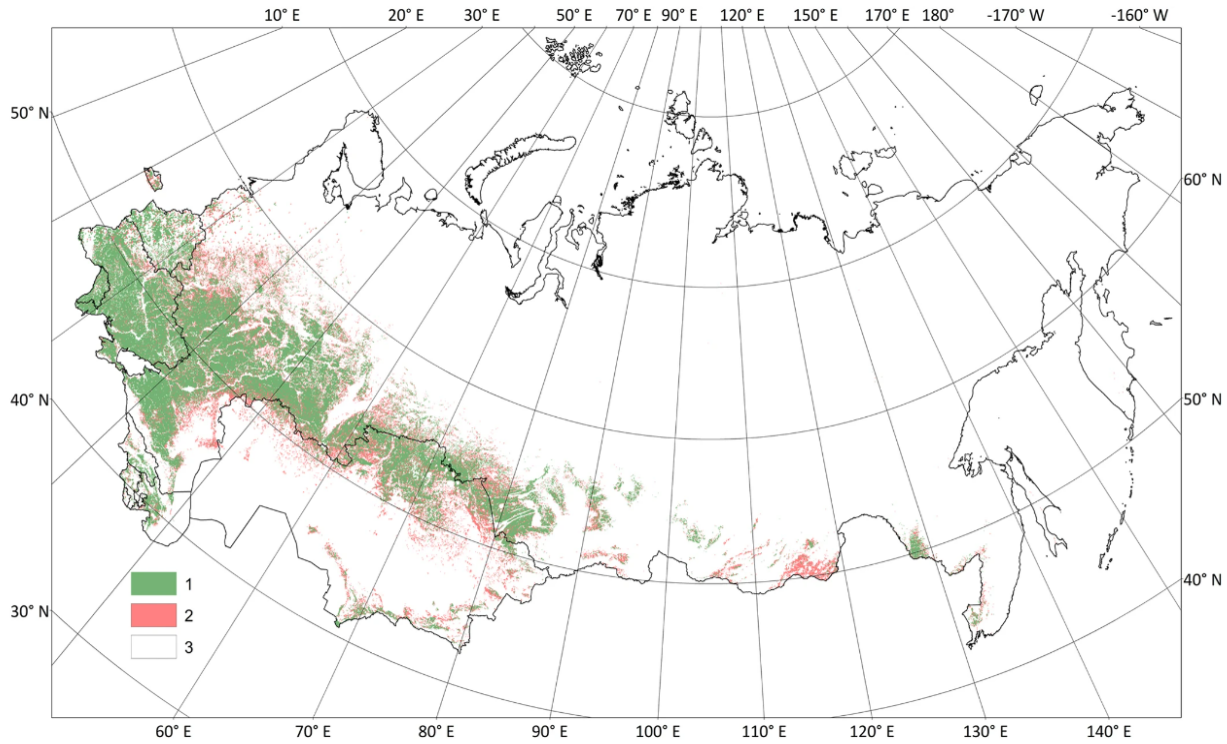

Рисунок 1. Пространственное распределение пахотных и заброшенных сельскохозяйственных угодий в странах бывшего СССР (1 – пахотные земли, 2 – заброшенные сельскохозяйственные земли, 3 – другие категории земель) [6]
Figure 1. Spatial distribution of arable and abandoned agricultural land in the countries of the former USSR (1 – arable land, 2 – abandoned agricultural land, 3 – other categories of land) [6]

Вопросы заброшенных сельскохозяйственных земель не являются исключением и для территории Республики Башкортостан, особенно для Южного Предуралья, где традиционно наиболее активно ведется сельскохозяйственная деятельность [9]. Современное состояние агроэкосистем данной территории определяется своеобразными природно-климатическими условиями, которые обусловлены такими факторами как расположение на стыке Восточно-Европейской равнины и Уральских гор, климатическим влиянием барьерного эффекта хребтов Южного Урала, изменяющимися во времени интенсивностью антропогенного воздействия на данные ландшафты [9].

На данный момент стоит задача возвращения этих земель обратно в сельскохозяйственный оборот.

Но этот переход (из залежного состояния в пашню) должен произойти путем научного обоснования. Изучение агрохимических и агрофизических параметров позволяет определить нынешнее состояние почвенного покрова, с целью принятия дальнейших мер. Это может быть внесение удобрений, известкование, мелиорация почв и т.д. [12].

Изученный нами ключевой участок расположен в Балтачевском районе Республики Башкортостан, на северо-западе республики. Климат данной территории семигумидный, природные почвы – серые лесные. Район всегда отличался высокой степенью сельскохозяйственной освоенности, растениеводством в частности. Реформы в сельском хозяйстве в 1990-е повлияли также и на эту территорию, часть сельскохозяйственных угодий оказалась не востребована. В результате этого на данных землях начались процессы самовосстановления, как почв, так и растительного покрова [9].

Как уже было указано выше, для изучаемой территории характерны серые лесные почвы. Серые лесные почвы формируются на данной территории под влиянием уникальных природных условий лесостепной зоны [13]. Серые лесные почвы Северной лесостепной зоны Республики Башкортостан отличительны тем, что для этой природной зоны характерно значительное количество получаемого тепла (величина суммарной солнечной радиации за год составляет от 3600 до 4000 МДж/м^2) и влаги (годовое количество осадков составляет от 500 до 600 мм) [12]. Ещё одной особенностью серых лесных является их умеренно кислая среда (это фактор вынуждает применять мероприятия по известкованию при сельскохозяйственной деятельности). Также для серых лесных почв характерна относительно низкая водопроницаемость [12].

Вопросы происхождения серых лесных почв являются одним из самых дискуссионных. Во многом это связано с тем, что данные почвы распространены на стыке двух природных зон и возникают противоречивые взгляды при рассмотрении взаимоотношения леса и степи [12]. Серые лесные почвы Северной лесостепи Республики Башкортостан являются продуктом комбинации целого ряда факторов, различной силы и направленности. Данные факторы существовали вместе или же сменяли друг друга с течением времени. Развитие серых лесных почв определяется следующими процессами: аккумуляцией, лессиважем, выщелачиванием, оглиниванием, разрушением минеральной части [12]. При условиях периодического промывного режима, часть подвижных элементов питания выносится за пределы профиля, поскольку почвы развиваются по элювиальному типу.

Серые лесные почвы, благодаря достаточно высокому плодородию, активно используются в сельском хозяйстве [12]. Территории на серых лесных почвах используются при возделывании зерновых, кормовых и плодоовощных культур [11]. Несмотря на свое высокое плодородие, серые лесные почвы при ведении сельского хозяйства нуждаются в внесении органических и минеральных удобрений [12].

Отчуждение земель сельскохозяйственного назначения приводит к тому, что в этих землях начинаются процессы восстановления почвенного покрова. Данный процесс сопровождается трансформацией физических, химических и биологических свойств почвенного покрова [14]. Интенсивность данных процессов определяется целым рядом физико-географических факторов (климатические, геоморфологические, гидротермические и иные условия), а также свойствами самой залежной почвы. В данной работе рассмотрены такие параметры и свойства почвенного покрова как: актуальная и потенциальная кислотность, содержание органического углерода, содержание гумуса и базальное дыхание почвы. Каждый из перечисленных факторов имеет огромную роль в формировании плодородия, продуктивности почвенного покрова, что важно для ведения сельского хозяйства, выгодного с экономической точки зрения. Далее более подробно рассмотрим эти факторы.

На развитие сельскохозяйственных культур, большое влияние оказывает кислотность почв (pH). Кислыми считаются те почвы, у которых значение pH ниже 7 [15]. Кислая реакция почв является одним главных препятствий для получения с полей высокого урожая сельскохозяйственных культур. Практически все основные сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в умеренном поясе, дают наибольший урожай при произрастании в почвах с слабокислой или же нейтральной средой (значение pH в данном случае составляет от 6 до 7). Когда среда имеет низкие значения pH, то происходит замедление разложения растительных остатков, а также снижение активности микроорганизмов. При кислой реакции происходит увеличение концентрации Al и Mn, что негативным образом влияет на растения. Высокое содержание Al способствует ухудшению качества получаемой продукции. Это выражается, например, в снижении содержания крахмала в картофеле, сахара в сахарной свекле, белка в бобовых культурах. Также происходит подавление образования хлорофилла [15].

Одним из самых ключевых компонентов почвы является, органическое вещество. Оно оказывает огромное влияние на физические, химические и биологические процессы в почвах. Высокое содержание органического вещества почвы является одним из главных факторов, способствующих получению высокого урожая с сельскохозяйственных угодий [16]. Почвенное органическое вещество (ПОВ) является залогом не только высокого уровня плодородия почв (данный фактор соответственно способствует и обеспечению продовольственной безопасности), но и положительным образом влияет на структуру почвы, препятствует эрозии. Составляющими почвенного органического вещества являются почвенные микробы, грибы, бактерии и продукты разложения наземной и подземной биомассы. ПОВ может находиться абсолютно в разных состояниях, от начавшего процесс разложения свежего растительного остатка до гумуса. Органические соединения ПОВ сильно обогащены углеродом. Содержание углерода в почве напрямую связано с количеством органического вещества [16].

Показателем, отражающим интенсивность минерализации почвенного органического вещества, является базальное дыхание почвы [17]. Базальное дыхание почв, это продуцирование CO_2. Эмиссия CO_2, обеспечивается дыхательными процессами корней растений и почвенной микрофлоры. Данный показатель является очень важным, так как позволяет понять процессы, связанные с функционированием почвенной биоты. Дыхание почвенных организмов, процессы минерализации в почве обеспечивают большой поток

CO_2 в атмосферу, а изучение данного процесса особенно актуально в свете глобального изменения климата [17]. Очень важное значение это имеет и для сельского хозяйства, так как одним главных факторов, обеспечивающих высокое плодородие почв, является почвенная биота, соответственно изучение процессов, связанных с флорой и фауной почвенного покрова является необходимым [17].

Вопросам изучения почв заброшенных сельскохозяйственных угодий, постагрогенной трансформации почв посвящены статьи, диссертации, книги. Рассматриваются практически все параметры и свойства почвенного покрова. И.С. Урусевская с соавторами [18] изучали причину уменьшения органического вещества в серых лесных почвах, вследствие сокращения поступления растительных остатков в почву, а также включением в состав пахотного горизонта почвенной массы малогумусовых горизонтов. На глубокие коренные изменения в природном процессе почвообразования в результате вовлечения почв в сельскохозяйственный оборот указывает Ю.Г. Чендев [19; 20].

Ю.Н. Денисовым [11] дана агроэкологическая оценка залежных почв лесостепной зоны Челябинской области на основе многолетних исследований. Автор изучает залежные почвы данной территории с целью определения возможности возврата залежных земель обратно в сельскохозяйственный оборот. В работе исследовались черноземы выщелоченные и черноземы оподзоленные. Автор статьи в результате своих исследований делает следующие выводы: длительное пребывание почв в состоянии залежи (в данном случае черноземов обыкновенных и выщелоченных) приводит к изменениям видового состава растительного покрова, к возрастанию биологической активности почв, а также способствует накоплению органического углерода [11].

В.В. Токавчуком [21] проведена работа по оценке свойств серых почв на залежных землях лесостепной зоны Красноярского края, в условиях восстановления леса. Работа имеет комплексный характер, рассмотрено большинство почвенных свойств и параметров. В контексте нашей работы интересны следующие выводы: под влиянием восстанавливающегося леса в серых почвах автором отмечено уменьшение содержания гумуса, снижение насыщенности основаниями и содержания элементов питания, увеличения всех форм кислотности.

А.В. Сахаров и В.В. Мищенко рассматривали вопрос изменения серых лесных почв Западной Сибири (а именно подтаёжной зоны Зауралья) в результате смены агроценоза на биоценоз [22]. Исследователи отмечают тот факт, что перевод пашни в залежное состояние приводит к значительным изменениям почвенного покрова. Авторы указывают на тот факт, что с возрастом на залежи происходит смена травянистой растительности на древесную и данный факт напрямую влияет на содержание гумуса в залежных серых лесных почвах. При зарастании лесом происходит уменьшение гумуса. Так, в травянистой залежи содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 4,2 %, под березовым лесом происходит уменьшение этого показателя до 3,7 %, а под смешанным хвойно-лиственным лесом количество гумуса равно 3,4 %.

Приведенные выше обзоры научных статей показывают, что переход сельскохозяйственных угодий в состояние залежи сопровождается изменением физических, химических и биологических свойств почв.

Данная исследовательская работа является актуальной, так как Правительством РФ поставлена задача возвращения залежных земель обратно в сельскохозяйственный оборот. Целью данной работы является анализ образцов почв из ключевого участка, находящийся на залежном поле, и на основе результатов анализа дать оценку нынешнего состояния агроэкосистемы. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: отбор образцов почв на ключевом участке, морфологическое описание почвы исследуемого участка, проведение лабораторных анализов образцов почв.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемый участок находиться на территории Балтачевского района Республики Башкортостан (рис. 3). Данная территория расположена в северо-восточной части Прибельской увалисто-волнистой равнины [23]. Климат района семигумидный, в незначительной степени засушливый [24]. Среднегодовая температура воздуха составляет +1,5°С (табл. 1). Среднегодовое количество осадков составляет 507 мм в год. Территория сложена глинами, мергелями уфимского яруса. Растительность представлена широколиственно-темнохвойными лесами, на серых лесных почвах. Район исследования относиться к Северной лесостепной зоне Республики Башкортостан.

На исследуемом участке встречаются следующие виды растительности: клевер луговой (*Trifolium pratense*), вейник наземный (*Calamagrostis epigejos*), ежа сборная (*Dactylis glometra*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*), безвкусица щирицевая (*Axyris amaranthoides*), иван-чай узколистный (*Epilobium angustifolium*), бедренец чужеземный (*Pimpinella peregrina*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), а также берёза повислая (*Betula pendula*) (рис. 2).

Почвообразующими породами для серых лесных почв являются преимущественно делювиальные отложения тяжелоглинистого гранулометрического состава [12].

Свойства делювиальных отложений играют одну из определяющих ролей при формировании серых лесных почв, которые по своему гранулометрическому составу глинистые и тяжелосуглинистые. Для них характерно значительное содержание ила, повышенное содержание крупной пыли при очень малом содержании песчаных фракций [12].

Полевые исследования были проведены в ноябре 2021-го года, в августе и октябре 2022 года. Был выбран ключевой участок, заброшенное сельскохозяйственное угодье, на территории Нижнекарышевского сельсовета Балтачевского района (рис. 6). Возраст залежи составляет приблизительно 5–10 лет. Данный участок представлен агросерыми почвами. Во время работ было отобрано 45 почвенных образцов (рис. 5), с горизонта PY (глубина 10–20 см). Также для исследуемого ключевого участка было проведено морфологическое описание почвы. Мощность разреза составило 95 см (рис. 4). Выделяется 4 горизонта: AYpa, AEL, BEL, BT, C. Результаты описания представлены в таблице 2.

После отбора, почвенные образцы были отправлены в г. Санкт-Петербург, для лабораторных исследований на кафедре прикладной экологии СПбГУ. Образцы были высушены при комнатной температуре, после этого была проведена работа по измельчению и просеиванию через сито, с размером отверстий 2 мм.

Далее были проведены лабораторные анализы образцов, с целью определения химических свойств залежных почв исследуемого участка. Были исследованы следующие параметры:

- актуальная кислотность;
- потенциальная кислотность;
- базальное дыхание почвы;
- содержание органического вещества.

Таблица 1. Климатические данные по месяцам [25; 26]
Table 1. Climatic data by month [25; 26]

	Январь January	**Февраль** February	**Март** March	**Апрель** April	**Май** May	**Июнь** June	**Июль** July	**Август** August	**Сентябрь** September	**Октябрь** October	**Ноябрь** November	**Декабрь** December
Средняя температура (°C) Average temperature (°C)	-12,3	-11	-4,2	3,8	12,4	17,2	19,8	17,8	11,8	4,1	-3,7	-10
Норма осадков (мм) Precipitation rate (mm)	52	44	49	42	60	74	69	68	66	77	65	56
Влажность (%) Humidity (%)	82	80	80	72	63	66	65	68	73	77	82	83

Рисунок 2. Некоторые виды из представителей растительного сообщества на ключевом участке:
а) вейник наземный (*Calamagrostis epigejos*), б) пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*),
в) клевер луговой (*Trifolium pratense*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*)
Figure 2. Some species from representatives of the plant community in the key area:
a) ground reed grass (*Calamagrostis epigejos*); b) common tansy (*Tanacetum vulgare*);
c) red clover (*Trifolium pratense*); wild watercress (*Cirsium arvense*)

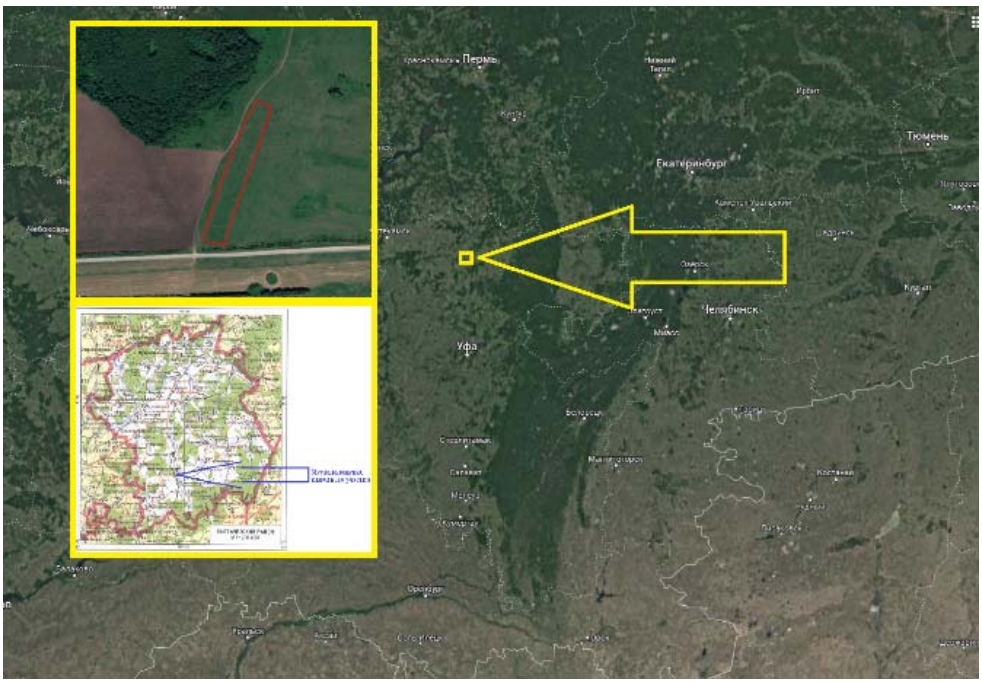

Рисунок 3. Географическое положение исследуемого участка
Figure 3. Geographical location of the study area

Таблица 2. Морфологическое описание почвы на ключевом участке
Table 2. Morphological description of the soil at the key site

Горизонты Horizons	**Мощность** Thickness	**Цвет** Colour	**Гранулометрический состав** Granulometric composition	**Структура почвы** Soil structure	**Плотность почвы** Soil density	**Сложение почвы (по характеру пор)** Soil composition (according the nature of the pores)	**Сложение почвы (по характеру трещин)** Soil composition (according to nature of cracks)	**Химические новообразования** Chemical neoplasms
AYpa	0–20 см 0–20 cm	Серый Grey	Легкий суглинок Light loam	Орехо-ватая, зернистая Nutty, grainy	Уплот-ненная Compacted	Пористая Porous	Трещино-ватое Fissured	-
AEL	20–30 см 20–30 cm	Серый, светло-бурый Grey, light brown	Легкий суглинок Light loam	Плитчатая Slab	Уплот-ненная Compacted	Ноздреватое Spongy	Трещино-ватое Fissured	-
BEL	30–42 см 30–42 cm	Светло-бурый Light brown	Легкий суглинок Light loam	Плитчатая Slab	Уплот-ненная Compacted	Ноздреватое Spongy	Трещино-ватое Fissured	-
BT	42–70 см 42–70 cm	Светло-бурый Light brown	Легкий суглинок Light loam	Плитчатая Slab	Плотная Dense	Тонкопористое Finely porous	Тонкотре-щиноватое Finely fissured	Светлые и белесоватые налеты Light and whitish deposits
C	70–95 см 70–95 cm	БурыйBr own	Средний суглинок Medium loam	Плитчатая Slab	Слитая Condensed	Тонкопористое Finely porous	Тонкотре-щиноватое Finely fissured	-

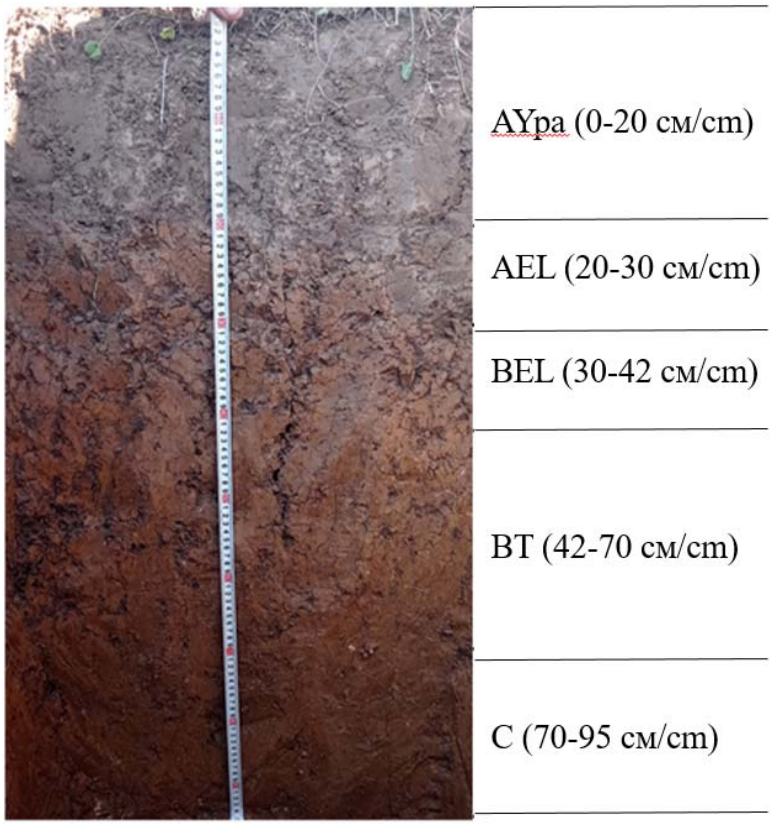

Рисунок 4. Почвенный разрез на ключевом участке
Figure 4. Soil section at the key site

Рисунок 5. Точки отбора проб почв на ключевом участке
Figure 5. Soil sampling points at the key site

Рисунок 6. Ключевой участок (заброшенное сельскохозяйственное угодье)
Figure 6. Key site (abandoned agricultural land)

Значения кислотности (pH), как актуальной, так и потенциальной, определялись измерением почвенной вытяжки с помощью pH-метра. При измерении pH pH-метром электрод прибора погружается в почвенный раствор. Полученные данные измерения записываются с точностью до 0,01 единицы кислотности. Для проведения данного вида измерений были приготовлены почвенные растворы для каждого образца. Растворы готовились в соотношении 1:2,5.

Значения эмиссии почвой CO_2 в лабораторных условиях определялась путем титрования [17]. Инкубация CO_2 проводилась в герметичных, пластиковых контейнерах, в которые были помещены почвы, смоченные с дистиллированной водой и раствор щелочи.

Для определения содержания углерода в почвенных образцах был использован метод Тюрина. Суть данного метода заключается в окислении углерода органического вещества почвы дихроматом калия. После этого дихромат калия оттитровывается раствором соли Мора.

Карты параметров, свойств почвы ключевого участка были составлены в геоинформационной системе QGIS.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Во время полевого этапа исследований были отобраны образцы почв, был заложен почвенный разрез, для морфологического описания почвы изучаемого ключевого участка. Были выделены 4 горизонта (рис. 4). Вкратце опишем каждый из горизонтов. Для горизонта AYpa характерен серый цвет, ореховатая и зернистая структура. Данный горизонт уплотнен, сложение почвы пористое, трещиноватое. Мощность горизонта составляет 15 см. Далее следует переходные от AYpa к BT горизонты AEL и BEL. Почва в данных горизонтах имеют оттенки серого и светло-бурого цвета. Структура плитчатая, почва уплотненная, по своему сложению ноздреватое, трещиноватое. Почвы горизонта BT плотные, для них характерна плитчатая структура, светло-серый цвет, тонкопористое и тонкотрещиноватое сложение. Горизонт C также по своей структуре плитчатая, почва слитая, цвет бурый. По своему сложению тонкопористая и тонкотрещиноватая.

Практически для всего профиля также характерно наличие перегнойного вещества, кутан.

В результате лабораторных исследований, на основе полученных результатов были составлены карты. На картах можно увидеть пространственную неоднородность свойств почвенного покрова заброшенного сельскохозяйственного угодья.

Более подробно рассмотрим и проанализируем карты почвенных параметров. При анализе карты актуальной кислотности можно увидеть, что практически на всём ключевом участке почвы слабокислые (рис. 7). Несмотря на это, значения pH на изучаемой территории неоднородны и варьируются от 5,7 до 6,3. Значения потенциальной кислотности практически полностью коррелируются со значениями актуальной кислотности (рис. 8; табл. 3).

При анализе пространственного распределения содержания органического углерода и гумуса мы можем увидеть, что самое высокое содержание углерода наблюдается в юго-восточной части ключевого участка и составляет от 2 % до 3,25 %. Остальная территория участка имеет более низкие значения органического вещества (рис. 9).

Такой параметр как базальное дыхание почвы тоже распределено неоднородно на всём ключевом участке. Прослеживается определенная взаимосвязь с содержанием органического вещества в почвах, где выше его содержание, там же выше показатель дыхания почвы (рис. 10; табл. 3).

Как видно на рисунках, значения показателей неодинаковы, для них характерна пространственная неоднородность. Это обусловлено различными физико-географическими условиями, на уровне данной экосистемы [28].

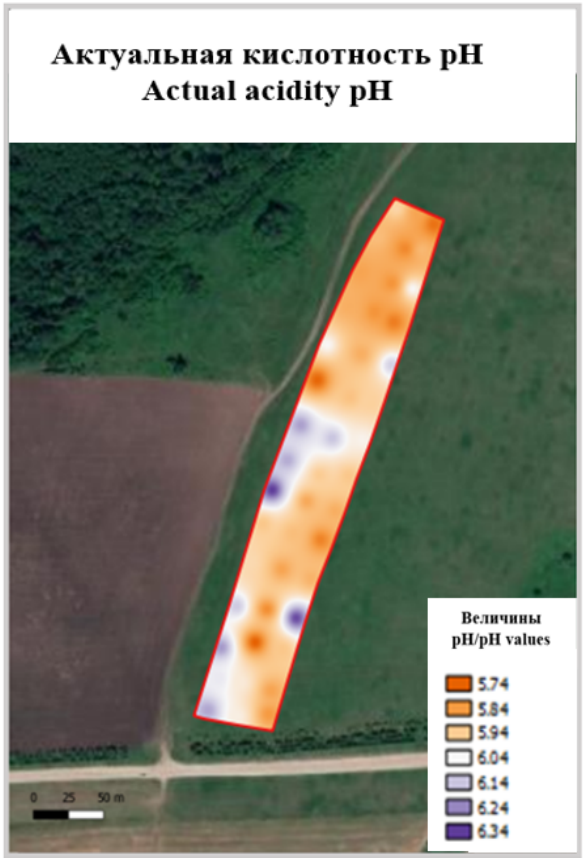

Рисунок 7. Величины актуальной кислотности
Figure 7. Actual acidity values

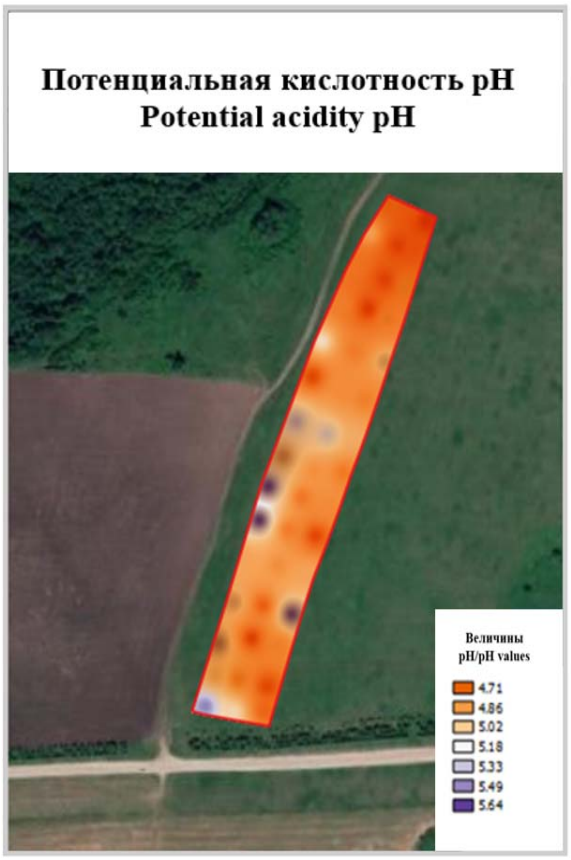

Рисунок 8. Величины потенциальной кислотности
Figure 8. Potential acidity values

Рисунок 9. Значения содержания органического углерода в почве
Figure 9. Soil organic carbon values

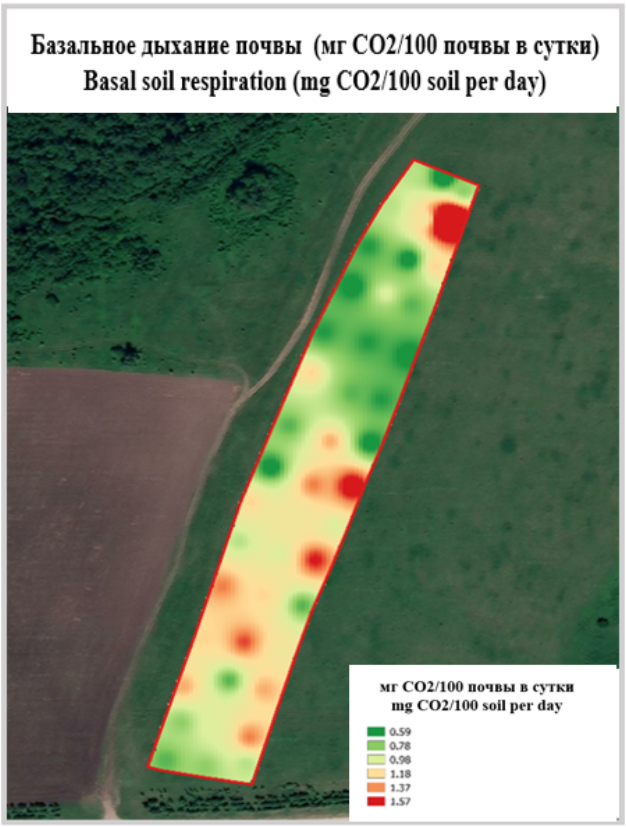

Рисунок 10. Значения базального дыхания почвы
Figure 10. Values of basal soil respiration

Таблица 3. Корреляционная связь свойств почвенного покрова ключевого участка
Table 3. Correlation between the properties of the soil cover in the key area

Корреляционная связь Correlation	**pH актуальный** pH of aqueous solution	**pH потенциальный** pH of saline solution	**Базальное дыхание** Basal respiration	**Содержание углерода** Carbon content	**Содержание гумуса** Humus content
pH актуальный pH of aqueous solution	1	0,61	-0,05	-0,16	-0,16
pH потенциальный pH of saline solution		1	0,06	0,06	0,06
Базальное дыхание Basal respiration			1	0,08	0,08
Содержание углерода Carbon content				1	1,00
Содержание гумуса Humus content					1

Рассмотрим для примера такой фактор как растительный покров. Для данного залежного участка характерно наличие берёз (берёзы повислой), возраста 5–10 лет (рис. 11) Как было рассмотрено выше, в своих научных работах В.В. Токавчук [21], А.В. Сахаров и В.В. Мищенко [22] отмечают тот факт, что с постепенной сменой травянистой растительности на древесную растительность, происходит уменьшение процентного содержания гумуса и происходит увеличение кислотности почв.

Рисунок 11. Берёза повислая (*Bétula péndula)* на заброшенном сельскохозяйственном угодье
Figure 11. Silver birch (*Bétula péndula*) on abandoned farmland

На рисунке 12 показана взаимосвязь показателя кислотности почв с пространственным распределением древесной растительности (в нашем случае берёзы). Темно-фиолетовые и светло-фиолетовые области соответствуют значениям pH от 6 до 6,5 (слабокислые, близкие к нейтральным), оранжевые и светло-оранжевые 5,5 до 6 (слабокислые). Деревья были выделены в результаты дешифрирования в геоинформационной системе QGIS базовой спутниковой карты Google. При анализе карты сопоставления пространственной дифференциации значений кислотности почв с распространением берёз можно увидеть, что древесная растительность, как правило, распространена в тех местах, в которых значение pH ниже. Данное явление не имеет повсеместного характера при рассмотрении ключевого участка, однако можно отметить эту взаимосвязь. Действительно, учеными отмечается [29] факт влияния древесной растительности на кислотность почвенного покрова. Известно, что корневые выделения деревьев существенным образом влияет на изменение кислотности почв. Увеличение кислотности почв происходит также благодаря процессам обмена веществ почвенных микроорганизмов [30]. Наибольшая концентрация почвенной микрофлоры наблюдается вблизи корневой системы деревьев [21]. Свою роль играет и тип подстилки [30].

При рассмотрении взаимосвязи содержания органического углерода с древесной растительностью (рис. 13), растущей в залежном поле, наблюдается следующая картина: в красных и оранжевых областях (где содержание углерода составляет от 2,3 до 3,5) берёзы не встречаются, а там, где значения органического углерода ниже, древесная растительность распространена больше. В какой-то степени подтверждается тезис из работы Токавчука [21], в котором утверждается, что с появлением древесной растительности на залежных почвах после продолжительного увеличения содержания углерода, гумуса (благодаря травостою), происходит уменьшение органического углерода в почвах. Прослеживается связь также и с тезисами работы Ф.Х. Хазиева и авторов [12], в которых подробна рассмотрена эволюция серых лесных почв. Там утверждается, что в ходе почвообразования наступление леса в значительной степени влияет на физические, химические, биологические свойства почвы. Безусловно, на содержание органического углерода этот процесс также оказывает огромное влияние.

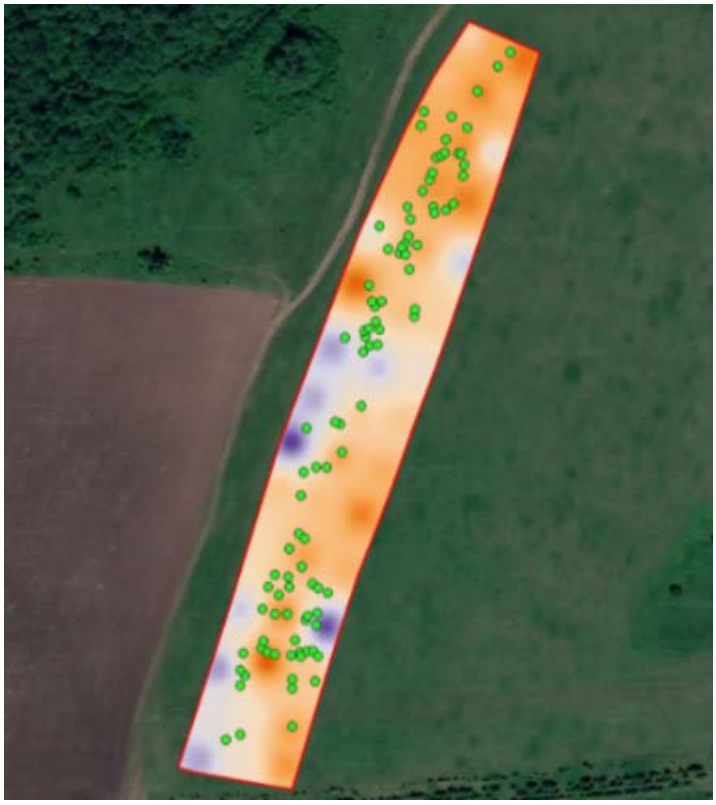

Рисунок 12. Связь пространственного распределения древесной растительности с кислотностью почв
Figure 12. Relationship between the spatial distribution of woody vegetation and soil acidity

Рисунок 13. Связь древесной растительности с содержанием углерода в почве
Figure 13. Relationship of woody vegetation to soil carbon content

На основе полученных в результате лабораторного анализа данных был проведён статистический анализ (табл. 4). В таблице указаны минимальные (Min), максимальные (Max), среднеарифметические (Mean) значения, а также коэффициенты вариации (CV) и стандартные отклонения (SD) данных.

Также был проведен кластерный анализ полученных данных (рис. 14). Метод кластерного анализа заключается в разбивании множества предметов, объектов, на несколько однородных групп. В нашем случае количество объектов (почвенных проб) равно 45. В результате анализа были выделены три крупных кластера, близкие по определяющим критериям.

Таблица 4. Результаты статистического анализа полученных данных
Table 4. Results of statistical analysis of the data obtained

Значенит Values	**pH актуальный (водный)** pH of aqueous solution	**pH потенциальный (солевой)** pH of saline solution	**Базальное дыхание (мг CO_2/100 почвы в сутки)** Basal respiration (mg CO_2/100 soil per day)	**Содержание почвенного органического вещества (ПОВ) (%)** Soil organic matter (SOM) content (%)
Min	5,74	4,71	0,40	0,01
Max	6,34	5,65	3,00	3,87
Mean	5,96	4,93	1,00	1,76
CV	0,03	0,03	0,46	0,66
SD	0,15	0,17	0,46	1,16

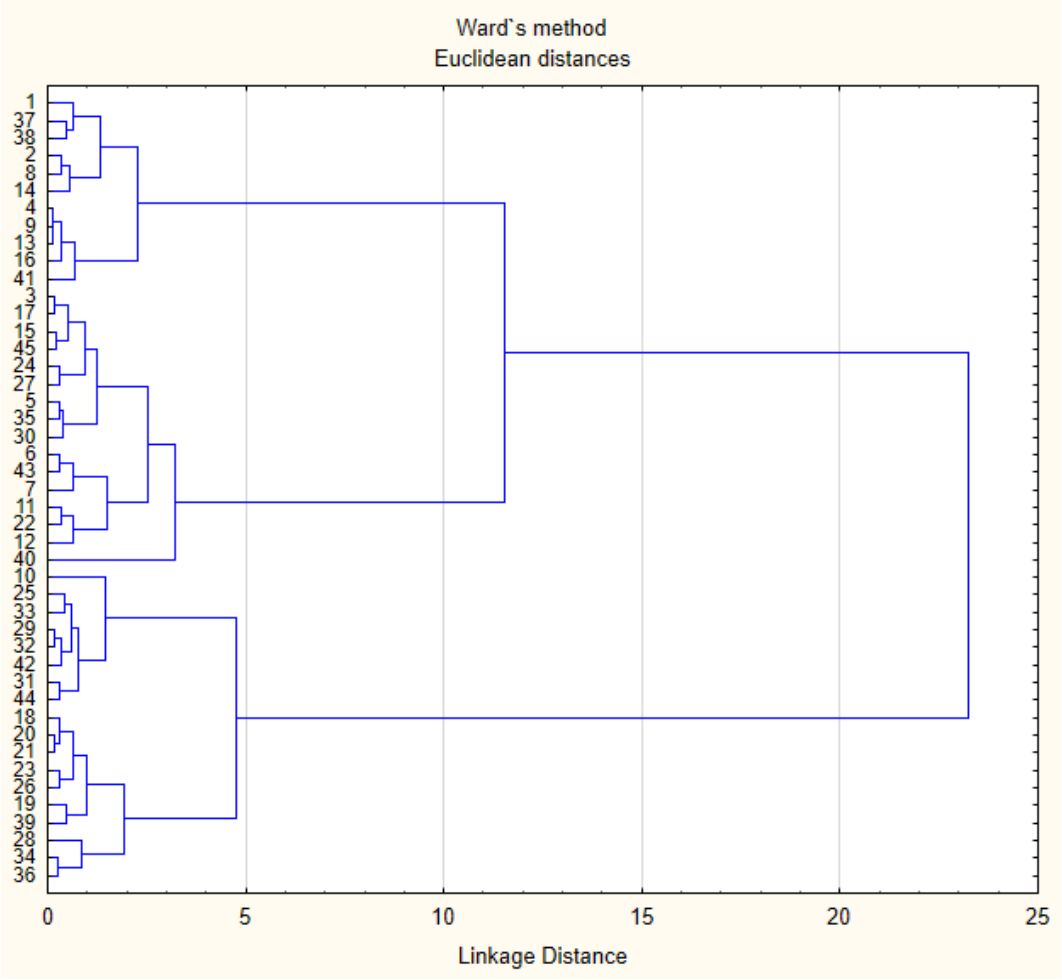

Рисунок 14. Кластерный анализ данных
Figure 14. Cluster analysis of data

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной научной статье были приведены результаты анализов проб залежных почв Республики Башкортостан. Всего на ключевом участке было отобрано и проанализировано 45 почвенных образцов, а также был заложен почвенный профиль, для морфологического описания почвы ключевого участка исследования. Участок представлен агросерыми почвами. Полученные результаты показали пространственную неоднородность распределения свойств почвенного покрова (актуальной и потенциальной кислотности, базального дыхания, содержания углерода и гумуса) на исследуемом участке. Такая неоднородность складывается под воздействием комплекса физико-географических факторов. Результаты корреляционного анализа показывают прямую связь значений актуальной кислотности с потенциальной кислотностью и взаимосвязь базального дыхания с содержанием органического вещества.

В дальнейшем наши исследования также будут посвящены изучение залежных земель на серых лесных почвах. Необходимо сделать упор на изучении взаимосвязи свойств почвенного покрова с растительными сообществами и геолого-геоморфологическими условиями. Изучение различных физико-географических факторов, влияющих на почвенный покров, позволит более детально описать весь механизм, эволюцию почв заброшенных сельскохозяйственных земель.

БЛАГОДАРНОСТЬ
Исследование проводилось при поддержке НЦМУ «Агротехнологии будущего» договор № 075-15-2022-322 от 22.04.2022.
ACKNOWLEDGMENT
The research was carried out with the support of the World-class Scientific Center «Agrotechnologies for the Future", agreement No. 075-15-2022-322 dated 22.04.2022.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ahammad H., Heyhoe E., Nelson G., Sands R., Fujimori S., Hasegawa T., van der Mensbrugghe D., Blanc E., Havlík P., Valin H., Kyle P., Mason d' croz D., can Meijl H., Schmita C., LotzeCampen H., von Lampe M., Tabeau A. The role of international trade under a changing climate: insights from global economic modelling. In. Elbehri A., ed. Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade. Rome, FAO. 2015. P. 293–312.
2. Rosenzweig M.R., Binswanger H.P. Wealth, weather risk and the composition and profitability of agricultural investments // Economic Journal. 1993. P. 56–78.
3. Гулянов Ю.А. Изменение региональных климатических условий и продуктивность озимой пшеницы в степной зоне Европейской России // Таврический вестник аграрной науки. 2021. N 4(28). С. 58–68. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-58-68.
4. Продовольственный кризис. URL: https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-and-wfp-warn-of-looming-widespread-food-crisis-as-hunger-threatens-stability-in-dozens-of-countries/ru (дата обращения: 15.10.2022)
5. Kamp J. Weighing up reuse of Soviet croplands. Nature. 2014. V. 505. https://doi.org/10.1038/505483d.
6. Lesiv M., Schepaschenko D., Moltchanova E., et al. Spatial distribution of arable and abandoned land across former Soviet Union countries // Scientific Data. 2018. Article ID: 180056. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.56
7. Федеральная программа «Вторая целина». URL: http://government.ru/news/45073/ (дата обращения: 15.10.2022)
8. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D. Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe // Environmental Research Letters. 2012. N 7(2). Article ID: 024021. DOI: 10.1088/1748-9326/7/2/024021
9. Япаров И.М., Вильданов И.Р., Сулейманов Р.Р., Сайфуллин И.Ю. Состояние и особенности динамики заброшенных сельскохозяйственных ландшафтов лесостепей Башкирского Предуралья // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. N 11. С. 28–36.
10. Некрич А.С., Люри Д.И. Изменения динамики аграрных угодий России в 1990–2014 // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. N 3. С. 64–77.
11. Денисов Ю.Н. Агроэкологическая оценка залежных почв Челябинской области // Агрохимический вестник. 2016. N 5. С. 6–9.
12. Хазиев Ф.Х., Рамазанов Р.Я., Кольцова Г.А., Багаутдинов Ф.Я., Хабиров И.К., Агафарова Я.М., Габбасова И.М. Воспроизводство плодородия серых лесных почв. Уфа: Гилем, 1999. 158 с.
13. Иванов И.В., Александровский А.Л., Макеев А.О., Булгаков Д.С., Абакумов Е.В. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв. М.: ГЕОС, 2015. 915 с.
14. Сушко С.В., Ананьева Н.Д., Иващенко К.В., Васенев В.И., Саржанов Д.А. Микробное дыхание почвы в полевых и лабораторных условиях // Агрофизика. 2016. N 4. С. 17–23.
15. Соколова Т.А., Толпешта И.И., Трофимов С.Я. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе. Изд. 2-е, испр. и доп. Тула: Гриф и К, 2012. 124 с.
16. Основы почвоведения и географии почв / Под ред. С. П. Кулижского и А. Н. Рудого. Томск: Изд-во ТГПУ, 2004. 384 с.
17. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Khoroshaev D.A., Myakshina T.N., Sapronov D.V., Zhmurin V.A., Kudeyarov V.N. Analysis of the Long-Term Soil Respiration Dynamics in the Forest and Meadow Cenoses of the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve in the Perspective of Current Climate Trends // Eurasian Soil Science. 2020. V. 53. N 10. P. 1421–1436. DOI: 10.1134/S1064229320100117
18. Урусевская И.С., Мешалкина Ю.Л., Хохлова О.С. Географо-генетические особенности гумусного состояния серых лесных почв // Почвоведение. 2000. N 11. С. 1377–1390.
19. Чендев Ю.Г. Агротехногенное изменение темно-серых лесных почв Центральной лесостепи за последние 200 лет // Почвоведение. 1997. N 1. С. 10–21.
20. Чендев Ю.Г., Александровский А.Л., Хохлова О.С., Смирнова Л.Г., Новых Л.Л., Долгих А.В. Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части среднерусской возвышенности // Почвоведение. 2011. N 1. С. 3–15.
21. Токавчук В.В. Оценка свойств серых почв при восстановлении леса на залежных землях лесостепной зоны. URL: https://www.dissercat.com/content/otsenka-svoistv-serykh-pochv-pri-vosstanovlenii-lesa-na-zalezhnykh-zemlyakh-lesostepnoi-zony/read (дата обращения: 15.06.2022)
22. Сахаров А.В., Мищенко В.В. Изменение серых лесных почв Западной Сибири в результате смены агроценоза на биоценоз. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46142939 (дата обращения: 16.06.2022)
23. Атлас Республики Башкортостан. Под ред. Япарова И.М. Уфа: Китап, 2005. 419 с.
24. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2004. 460 с.
25. Метеорологические данные (NOAA). URL: https://www.ncei.noaa.gov/maps/monthly-summaries/ (дата обращения: 21.10.2022)
26. Метеорологические данные (NASA POWER Data Access Viewer). URL: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ (дата обращения: 22.10.2022)
27. Palm C., Sanchez P., Ahamed S., Awiti A. Soils: A contemporary perspective // Annual Review of Environment and Resources. 2007. N 32. P. 99–129.
28. Developments in Soil Science. URL: https://www.sciencedirect.com/bookseries/developments-in-soil-science (дата обращения: 17.10.2022)
29. Паркина И.Н. Особенности биологической активности почвы в фитогенном поле березы повислой. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biologicheskoy-aktivnosti-pochvy-v-fitogennom-pole-berezy-povisloy/viewer (дата обращения: 05.07.2022)
30. Environmental Soil Chemistry. URL: https://www.sciencedirect.com/book/9780126564464/environmental-soil-chemistry (дата обращения: 16.10.2022)

REFERENCES

1. Ahammad H., Heyhoe E., Nelson G., Sands R., Fujimori S., Hasegawa T., van der Mensbrugghe D., Blanc E., Havlík P., Valin H., Kyle P., Mason d' croz D., can Meijl H., Schmita C.,

LotzeCampen H., von Lampe M., Tabeau A. The role of international trade under a changing climate: insights from global economic modeling. In: [Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade]. Rome, FAO Publ., 2015, pp. 293–312.
2. Rosenzweig M.R., Binswanger H.P. Wealth, weather risk and the composition and profitability of agricultural investments. Economic Journal. 1993, pp. 56–78.
3. Gulyanov Yu.A. Changes in regional climatic conditions and productivity of winter wheat in the steppe zone of European Russia. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*, 2021, no. 4(28), pp. 58–68. (In Russian) https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-4-28-58-68.
4. *Prodovol'stvennyi krizis* [Food crisis]. Available at: https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-and-wfp-warn-of-looming-widespread-food-crisis-as-hunger-threatens-stability-in-dozens-of-countries/ ru (accessed 15.10.2022)
5. Kamp J. Weighing up reuse of Soviet croplands. *Nature*, 2014, vol. 505. https://doi.org/10.1038/505483d.
6. Lesiv M., Schepaschenko D., Moltchanova E., et al. Spatial distribution of arable and abandoned land across former Soviet Union countries. *Scientific Data*, 2018, article id: 180056. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.56
7. *Federal'naya programma «Vtoraya tselina»* [Federal program «Second Virgin Land»]. Available at: http://government.ru/news/45073/ (accessed 15.10.2022)
8. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M., Kuemmerle T., Müller D. Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post- Soviet Eastern Europe. *Environmental Research Letters*, 2012, no. 7(2), Article ID: 024021. DOI: 10.1088/1748-9326/7/2/024021
9. Yaparov I.M., Vildanov I.R., Suleimanov R.R., Saifullin I.Yu. State and features of the dynamics of abandoned agricultural landscapes of the forest-steppes of the Bashkir Cis-Urals. Vestnik Zabaikal'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of the Transbaikal State University]. 2017, vol. 23, no. 11, pp. 28–36. (In Russian)
10. Nekrich A.S., Lyuri D.I. Changes in the dynamics of agricultural land in Russia in 1990–2014. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya [zvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya]. 2019, no. 3, pp. 64–77. (In Russian)
11. Denisov Yu.N. Agroecological assessment of fallow soils in the Chelyabinsk region. [Agrochemical Bulletin]. 2016, no. 5, pp. 6–9. (In Russian)
12. Khaziev F.Kh., Ramazanov R.Ya., Koltsova G.A., Bagautdinov F.Ya., Khabirov I.K., Agafarova Ya.M., Gabbasova I.M. *Vosproizvodstvo plodorodiya serykh lesnykh pochv* [Reproduction of fertility of gray forest soils]. Ufa, Gilem, 1999, 158 p. (In Russian)
13. Ivanov I.V., Aleksandrovskii A.L., Makeev A.O., Bulgakov D.S., Abakumov E.V. *Evolyutsiya pochv i pochvennogo pokrova. Teoriya, raznoobrazie prirodnoi evolyutsii i antropogennykh transformatsii pochv* [Evolution of soils and soil cover. Theory, diversity of natural evolution and anthropogenic soil transformations]. Moscow, GEOS Publ., 2015, 915 p. (In Russian)
14. Sushko S.V., Anan'eva N.D., Ivaschenko K.V., Vasenev V.I., Sarzhanov D.A. Microbial respiration of soil in field and laboratory conditions. Agrofizika [Agrophysics]. 2016, no. 4, pp. 17–23. (In Russian)
15. Sokolova T.A., Tolpeshta I.I., Trofimov S.Ya. *Pochvennaya kislotnost'. Kislotno-osnovnaya bufernost' pochv. Soedineniya alyuminiya v tverdoi faze pochvy i v pochvennom rastvore* [Soil acidity. Acid-base buffer capacity of soils. Aluminum compounds in the solid phase of the soil and in the soil solution]. Tula, Grif i K Publ., 2012, 2nd ed., 124 p. (In Russian)
16. Kulizhskii S.P., Rudogo A.N., eds. *Osnovy pochvovedeniya i geografii pochv* [Fundamentals of Soil Science and Soil Geography]. Tomsk, TSPU Press Publ., 2004, 384 p. (In Russian)
17. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Khoroshaev D.A., Myakshina T.N., Sapronov D.V., Zhmurin V.A., Kudeyarov V.N. Analysis of the Long-Term Soil Respiration Dynamics in the Forest and Meadow Cenoses of the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve in the Perspective of current climate trends. *Eurasian Soil Science*, 2020, vol. 53, no. 10, pp. 1421–1436. (In Russian) https://doi.org/10.1134/S1064229320100117
18. Urusevskaya I.S., Meshalkina Yu.L., Khokhlova O.S. Geographic and genetic features of the humus state of gray forest soils. Pochvovedenie [Soil Science]. 2000, no. 11, pp. 1377–1390. (In Russian)
19. Chendev Yu.G. Agrotechnogenic change in dark gray forest soils of the Central Forest-Steppe over the past 200 years. Pochvovedenie [Soil Science]. 1997, no. 1, pp. 10–21. (In Russian)
20. Chendev Yu.G., Aleksandrovskii A.L., Khokhlova O.S., Smirnova L.G., Novykh L.L., Dolgikh A.V. Anthropogenic evolution of gray forest-steppe soils in the southern part of the Central Russian Upland. Pochvovedenie [Soil Science]. 2011, no. 1, pp. 3–15. (In Russian)
21. Tokavchuk V.V. *Otsenka svoistv serykh pochv pri vosstanovlenii lesa na zalezhnykh zemlyakh lesostepnoi zony* [Evaluation of the properties of gray soils during the restoration of forests on fallow lands of the forest-steppe zone]. Available at: https:/www.dissercat.com/content/otsenka-svoistv-serykh-pochv-pri-vosstanovlenii-lesa-na-zalezhnykh-zemlyakh-lesostepnoi-zony/read (accessed 15.06.2022)
22. Sakharov A.V., Mishchenko V.V. *Izmenenie serykh lesnykh pochv Zapadnoi Sibiri v rezul'tate smeny agrotsenoza na biotsenoz* [Changes in the gray forest soils of Western Siberia as a result of the change from agrocenosis to biocenosis]. Available at: https:/elibrary.ru/item.asp?id=46142939 (accessed 16.06.2022)
23. Yaparov I.M. ed. *Atlas Respubliki Bashkortostan* [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, Kitap Publ., 2005, 419 p. (In Russian)
24. Dobrovolskii G.V., Urusevskaya I.S. *Geografiya pochv* [Soil geography]. Moscow, Moscow university Publ., 2004, 460 p. (In Russian)
25. *Meteorological Data (NOAA)*. Available at: https:/www.ncei.noaa.gov/maps/monthly-summaries/ (accessed 21.10.2022)
26. *Meteorological data (NASA POWER Data Access Viewer)*. Available at: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ (accessed 22.10.2022)
27. Palm C., Sanchez P., Ahamed S., Awiti A. Soils: A contemporary perspective. Annual Review of Environment and Resources. 2007, no. 32, pp. 99–129.
28. Developments in Soil Science. Available at: https://www.sciencedirect.com/bookseries/developments-in-soil-science (accessed 17.10.2022)
29. Parkina I.N. *Osobennosti biologicheskoi aktivnosti pochvy v fitogennom pole berezy povisloi* [Features of the biological activity of the soil in the phytogenic field of silver birch]. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biologicheskoy-aktivnosti-pochvy-v-fitogennom-pole-berezy-povisloy/viewer (accessed 05.07.2022)
30. Environmental Soil Chemistry. Available at: https://www.sciencedirect.com/book/9780126564464/environmental-soil-chemistry (accessed 16.10.20)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Айдар Ф. Гумеров участвовал в полевых исследованиях, в анализе данных, написал рукопись. Тимур И. Низамутдинов и Евгений В. Абакумов участвовали в анализе данных, корректировали рукопись. Руслан Р. Сулейманов участвовал в полевых исследованиях, корректировал рукопись. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Aidar F. Gumerov participated in field research and data analysis and wrote the manuscript. Timur I. Nizamutdinov and Evgeny V. Abakumov participated in data analysis and proofreading of the manuscript. Ruslan R. Suleymanov participated in field research and proofreading of the manuscript. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Айдар Ф. Гумеров / Aidar F. Gumerov https://orcid.org/0000-0001-8494-8314
Тимур И. Низамутдинов / Timur I. Nizamutdinov https://orcid.org/0000-0003-2600-5494
Евгений В. Абакумов / Evgeny V. Abakumov https://orcid.org/0000-0002-5248-9018
Руслан Р. Сулейманов / Ruslan R. Suleymanov https://orcid.org/0000-0002-7754-0406