

ISSN 2618-6802 (online)



# Почвы и окружающая среда

Научный журнал

Том 7. Выпуск 3

2024

---

<https://soils-journal.ru>

---

# The Journal of Soils and Environment

Scientific Journal

Volume 7. Issue 3

2024



Научный журнал «Почвы и окружающая среда» создан с целью распространения знаний о взаимоотношении почв и их окружения во всех проявлениях – от биотического до социокультурного и производственно-экономического. В задачи журнала входит обсуждение актуальных проблем почвоведения, агрохимии и экологии почв, их концептуальных прорывов и прикладных разработок, которые могут быть использованы для охраны окружающей среды, сельскохозяйственного производства и в других отраслях экономики.

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

##### Главный редактор:

**Андроханов Владимир Алексеевич** – доктор биологических наук, директор ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

##### Заместители главного редактора:

**Дергачева Мария Ивановна** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Якименко Владимир Николаевич** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

##### Члены редколлегии:

**Абакумов Евгений Васильевич** – профессор РАН, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии биолого-почвенного факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» (Санкт-Петербург, Россия)

**Бойко Василий Сергеевич** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора по научной работе ФГБНУ Омский аграрный научный центр (Омск, Россия)

**Будажанов Лубсан-Зонды Владимирович** – член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела новых технологий и алгоритмов развития Арктики ГБУ Академия наук Республики Саха (Якутия, Россия).

**Гамзиков Геннадий Павлович** – академик РАН, доктор биологических наук, профессор агрохимии ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет (Новосибирск, Россия)

**Гольева Александра Амуриевна** – доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории географии почв ФГБУН Институт географии РАН (Москва, Россия)

**Кулижский Сергей Павлович** – доктор биологических наук, профессор, проректор по социальным вопросам, заведующий кафедрой почвоведения и экологии почв Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия)

**Колесников Сергей Ильич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет» (Ростов-на-Дону, Россия)

**Пузанов Александр Васильевич** – доктор биологических наук, профессор, директор ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул, Россия)

**Седов Сергей Николаевич** – кандидат биологических наук, ведущий исследователь Института геологии Национального автономного университета Мексики (UNAM, Мехико, Мексика), ведущий научный сотрудник ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН» (Тюмень, Россия)

**Сиромля Татьяна Ивановна** – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеохимии почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Соколов Денис Александрович** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией рекультивации почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Сысо Александр Иванович** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией биогеохимии почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Танасиенко Анатолий Алексеевич** – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Убугунов Леонид Лазаревич** – доктор биологических наук, профессор, директор ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН (Улан-Удэ, Россия)

**Чевычелов Александр Павлович** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела почвенных исследований Института биологических проблем криолитозоны – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН» (Якутск, Россия)

**Шарков Иван Николаевич** – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Шпедт Александр Артурович** – доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» (Красноярск, Россия)

**Якутин Михаил Владимирович** – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Заведующая редакцией:**

**Наумова Наталья Борисовна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Ответственный секретарь:**

**Нечаева Таисия Владимировна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Научный редактор:**

**Якименко Владимир Николаевич** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Выпускающий редактор:**

**Гопп Наталья Владимировна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

Журнал основан	в 2018 году
Варианты названия	Почвы и окружающая среда (Pочvy i okružaiûsaâ sreda) / The Journal of Soils and Environment
Периодичность выпуска	4 номера в год
Вид и версия издания	Журнал, электронное сетевое
Сайт	<a href="https://www.soils-journal.ru">https://www.soils-journal.ru</a>
E-mail	redactor@soils-journal.ru
Регистрационный номер в Роскомнадзоре	ЭЛ № ФС 77-72325 – сетевое издание (Свидетельство от 14 февраля 2018 г.)
Номер ISSN	2618-6802 (online) (Свидетельство от 02 марта 2018 г.)
DOI-prefix	10.31251
Учредитель и издатель	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИПА СО РАН)
Адрес учредителя и издателя	630090, Новосибирская область, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 8/2, тел.: +7(383) 363-90-35

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и в Перечень изданий ВАК (с 15.06.2023 г.) по двум научным специальностям: 1.5.15. Экология (биологические науки), 1.5.19. Почвоведение (биологические науки).

© 2024 ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

Scientific journal “**The Journal of Soils and Environment**” is devoted to distributing knowledge about the multifaceted relationships between soils and their environment, covering diverse aspects ranging from biotic to socio-cultural and economic ones. The journal invites to discuss urgent issues of soil science, agricultural chemistry and soil ecology, their conceptual breakthroughs and applied developments which can be used for environmental protection, agricultural production and in other sectors of economy.

#### EDITORIAL BOARD

##### Editor-in-Chief:

**Vladimir A. Androkhov** – Doctor of Biological Sciences, Director, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

##### Editors:

**Maria I. Dergacheva** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

**Vladimir N. Yakimenko** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

##### Members of the Editorial Board:

**Evgeny V. Abakumov** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Saint Petersburg State University (SPbU, Saint Petersburg, Russian Federation)

**Vasily S. Boyko** – Doctor of Agricultural Sciences, Assistant Professor, Deputy Director for Research, Head Researcher, Omsk Agrarian Scientific Center (Omsk ASC, Omsk, Russian Federation)

**Lubsan-Zondy V. Budazhapov** – Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of New Technologies and Algorithms for the Development of the Arctic, Academy of Sciences Republic of Sakha (Yakutia, Russian Federation)

**Gennady P. Gamzikov** – Doctor of Biological Sciences, member of the Russian Academy of Sciences, Professor of Agrochemistry, Novosibirsk State Agrarian University (NSAU, Novosibirsk, Russian Federation)

**Alexandra A. Golyeva** – Doctor of Geographical Sciences, Head Researcher, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (IG RAS, Moscow, Russian Federation)

**Sergey P. Kulizhsky** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science and Soil Ecology of the National Research Tomsk State University, Vice-Rector for Social Affairs, (TSU, Tomsk, Russian Federation)

**Sergey I. Kolesnikov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management, Southern Federal University (SFU, Rostov-on-Don, Russian Federation)

**Alexander V. Puzanov** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director, Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IWEP SB RAS, Barnaul, Russian Federation)

**Sergey N. Sedov** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, National Autonomous University of Mexico Institute of Geology (UNAM, Mexico), Leading Researcher of the Federal Research Center "Tyumen Scientific Center of SB RAS" (Tyumen, Russian Federation)

**Tatiana I. Siromlya** – Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

**Denis A. Sokolov** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

**Alexander I. Syso** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

**Anatoly A. Tanasienko** – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

**Leonid L. Ubugunov** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director, Institute of General and Experimental Biology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IGEB SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation)

**Alexander P. Chevychelov** – Doctor of Biological Sciences, Head Researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IBPC SB RAS, Yakutsk, Russian Federation)

**Ivan N. Sharkov** – Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

**Alexander A. Shpedt** – Doctor of Agricultural Sciences, Assistant Professor, Director, Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences» (Krasnoyarsk SC SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation)

**Mikhail V. Yakutin** – Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor, Leading Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

#### **Head of the Editorial Board:**

**Natalia B. Naumova** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

#### **Executive Secretary:**

**Taisia V. Nechaeva** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

#### **Scientific Editor:**

**Vladimir N. Yakimenko** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

#### **Commissioning Editor:**

**Natalya V. Gopp** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation)

The journal was launched	in 2018
Variants of the name	Почвы и окружающая среда (Počvy i okružăûšăâ sreda) / The Journal of Soils and Environment
Publication frequency	Four issues per year
Website	<a href="https://www.soils-journal.ru">https://www.soils-journal.ru</a>
E-mail	redactor@soils-journal.ru
ISSN	2618-6802 (online)
DOI-prefix	10.31251
Founder and Publisher	Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Science (ISSA SB RAS)
Postal address	8/2 Akademik Lavrentiev avenue, Novosibirsk 630090, Russian Federation. Phon.: +7(383) 363-90-35

© 2024 Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS

## Содержание

### От редакции

**Мордкович В.Г.** Залежь как объект научного и житейского интереса e289

### Органическое вещество и биохимия почв

**Комиссаров М.А., Айвазян М.М., Габбасова И.М., Гарипов Т.Т., Сулейманов Р.Р., Федоров Н.И., Рухович Д.И.** Содержание и запасы органического углерода в почве залежей лесостепи Южного Предуралья e271

**Телеснина В.М., Подвезенная М.А., Рыжова И.М.** Динамика пулов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги e272

### Плодородие почв и минеральное питание растений

**Сорокина О.А., Данилов А.Н.** Оценка трансформации плодородия почвы залежи на катене в Красноярской лесостепи e267

**Нечаева Т.В., Смоленцева Е.Н.** Сравнительная характеристика свойств и агрохимического статуса почв разного типа землепользования в лесостепи Западной Сибири e281

**Трубников Ю.Н., Шпедт А.А.** Изменение свойств почв разновозрастных залежей и агротехнические приёмы их освоения e279

### Поведение почв и экосистем в пространстве и во времени

**Романова А.И., Маханцева В.А., Лебедева Т.Н., Волкова Т.Ю., Журавлева А.И., Митрохина Е.С., Иващенко К.В.** Пространственно-временной анализ почвенных показателей углеродного цикла в постагрогенных экосистемах южного Подмосковья e261

**Анциферова О.А.** Анализ динамики площадей залежных угодий в Калининградской области e262

**Трушков А.В., Купрюшкин Д.П., Дмитриев П.А., Казеев К.Ш., Собина А.С., Козунь Ю.С., Колесников С.И.** Изменение флоры пахотной экосистемы на чернозёме в первые годы после прекращения агрогенного воздействия e275

**Лойко С.В., Ткачева А.А., Истигечев Г.И., Кузьмина Д.М., Кулижский С.П.** Залежные земли и особенности исторического природопользования в ареале тёмно-серых лесных типичных почв Северного Притомья (Западная Сибирь) e283

### Обзоры, дискуссии, памятные даты

**Шпедт А.А., Липшин А.Г., Козулина Н.С., Нечаева Т.В., Гопп Н.В.** Итоги международной научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв в современном земледелии», посвящённой 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.) e278

## Contents

### From the Editorial Board

**Mordkovich V.G.** Abandoned land as an object of scientific and empirical interest e289

### Soil Organic Matter and Biochemistry

**Komissarov M.A., Ayvazyan M.M., Gabbasova I.M., Garipov T.T., Suleymanov R.R., Fedorov N.I., Rukhovich D.I.** Soil organic carbon content and stock in the abandoned lands in the forest-steppe of the Southern Cis-Urals e271

**Telesnina V.M., Podvezennaya M.A., Ryzhova I.M.** Dynamic of carbon pools in the postagrogenic ecosystems of the southern taiga e272

### Soil Fertility and Mineral Nutrition of Plants

**Sorokina O.A., Danilov A.N.** Soil fertility transformation of abandoned soils along a catena in the Krasnoyarsk forest-steppe e267

**Nechaeva T.V., Smolentseva E.N.** Chernozem properties and agricultural status under different land use in the forest-steppe of West Siberia e281

**Trubnikov Y. N., Shpedt A.A.** Changes in soil properties of differently aged abandoned lands and agrotechnical methods for the land development e279

### Soil and Ecosystem Behaviour in Time and Space

**Romanova A.I., Makhantceva V.A., Lebedeva T.N., Volkova T.Y., Zhuravleva A.I., Mitrokhina E.S., Ivashchenko K.V.** Spatio-temporal analysis of soil indicators of the carbon cycle in some postagrogenic ecosystems of the southern Moscow region e261

**Antsiferova O. A.** Analysis of the dynamics of abandoned lands in the Kaliningrad region e262

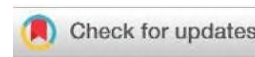
**Trushkov A.V., Kupryushkin D.P., Dmitriev P.A., Kazeev K.S., Sobina A.S., Kozun Y.S., Kolesnikov S.I.** Changes in the flora of arable ecosystem on chernozem during the first years after the cessation of agrogenic influence e275

**Loyko S.V., Tkacheva A.A., Istigechev G.I., Kuzmina D.M., Kulizhskii S.P.** Historical Context for Abandoned lands and land use in the area of Luvic Greyzemic Phaeozems of the Northern Pritomye (West Siberia) e283

### Reviews, Discussions and Memoria

**Shpedt A.A., Lipshin A.G., Kozulina N.S., Nechaeva T.V., Gopp N.V.** International Scientific and Practical Conference “Problems of Soil Fertility in Current Agriculture” dedicated to the 70th anniversary of virgin and abandoned lands development (Krasnoyarsk, June 24–28, 2024) e278

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.289>

## Залежь как объект научного и житейского интереса

© 2024 В. Г. Мордкович 

ФГБУН Институт систематики и экологии животных СО РАН, ул. Фрунзе, 11, г. Новосибирск, 630091, Россия. E-mail: [mordkovichvg@rambler.ru](mailto:mordkovichvg@rambler.ru)

**Ключевые слова:** залежные земли; агроценоз; пашня; плодородие; экосистема; сукцессия.

**Цитирование:** Мордкович В.Г. Залежь как объект научного и житейского интереса // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e289. DOI: [10.31251/pos.v7i3.289](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.289)

Слово и понятие «залежь» закрепилось в общественном сознании в нескольких ипостасях. В первой, исходной, залежь – это залежалый, завалившийся, слегка подпорченный товар, вроде чемодана без ручки, который носить неудобно, выбросить жалко, а хранить хлопотно. Во второй ипостаси залежь обрела значение месторождения полезных ископаемых, подаренных людям биосферами давно прошедших эпох. В-третьих, залежь означает сельхозугоде, ранее служившее пашней, но выведенное из севооборота не менее года назад и не используемое под посевы сельскохозяйственных культур или под пар. Это угоде заброшено не случайно, а преднамеренно, чтобы дать истощённой почве отдохнуть после многих лет интенсивной эксплуатации и восстановить основное своё свойство – плодородие. Такой образ действий в сельскохозяйственной практике представляет собой переложную систему земледелия, придуманную в незапамятные времена и не вышедшую из употребления до сих пор. С научных позиций переложная система земледелия представляет собой экологическую сукцессию, т.е. механизм регенерации нарушенных экосистем, имманентно заложенный в природе. В условиях тотального уничтожения натуральных экосистем, поставка агентов, необходимых для регенерации залежей в состоянии натуральной, типичной для данного региона экосистемы, исключена. В отсутствие биологических видов с конкурентной и стресс-толерантной ценотической стратегией сукцессия залежей осуществляется видами растений, животных, микроорганизмов с ценотической стратегией космополитов-рудералов. Они скоропостижно мобилизуют слабо связанные в разрушенных экосистемах легкоподвижные минеральные соединения, включают их в свою упрощённую схему обмена веществ и в кратчайшие сроки создают огромную биомассу, которая, отмирая, поступает в почву. Однако в отсутствие организмов-гумификаторов, органические прогумусовые вещества быстро выносятся из агроэкосистемы с водным стоком. В результате сукцессия переходит нестереотипно, с частыми и сильными нарушениями режима, медленнее, то и дело возвращая экосистему в первобытное состояние. В таком режиме сукцессия агроценозов может продолжаться до полувека, а то и дольше, так и не добываясь до состояния климаксовых экосистем. В четвертой ипостаси залежи служат потенциальным резервом экосистем, способных прокормить человечество, растущее в числе, как на дрожжах.

В этом плане Россия обеспечена земельными ресурсами, в том числе залежами, как никакая другая страна мира. Площадь России составляет 1713 млн км<sup>2</sup> при очень низкой плотности человеческого населения (всего 8,5 человек/км<sup>2</sup>). Суммарная площадь сельхозугодий в России составляет 197 млн га, в том числе пашни – 120 млн га (7% площади страны). На каждого гражданина нашей страны приходится 0,8 гектара пашни. Площадь залежей колеблется в широких пределах, в зависимости от экономической конъюнктуры. Когда плодородной земли много, урожаи высокие, потребителей мало, можно позволить себе роскошь содержать залежи про запас, на случай глобальных катастроф или издержек перестройки биосферы в сферу разума. А он подсказывает, что для эпопеи космического ранга, создателям лучше быть сытыми. Поэтому залежи, с их потенциальной способностью производить высокую первичную продукцию, в том числе съедобную, для людей и их иждивенцев могут ещё пригодиться.

Выпуск журнала «Почвы и окружающая среда», посвящённый теме залежных земель, считаю актуальным.

Поступила в редакцию 18.11.2024

Принята 21.11.2024

Опубликована 22.11.2024



**Сведения об авторе:**

**Мордкович Вячеслав Генрихович** – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Институт систематики и экологии животных СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [mordkovich@rambler.ru](mailto:mordkovich@rambler.ru)

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## **Abandoned land as an object of scientific and empirical interest**

© 2024 V. G. Mordkovich 

*Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Frunze st., 11, Novosibirsk, Russia. E-mail: [mordkovichvg@rambler.ru](mailto:mordkovichvg@rambler.ru)*

*The article provides a brief overview of abandoned lands, their role in agriculture and ecology, and introduces issue No.3, 2024, of the Journal of Soils and Environment, devoted to the topic of abandoned lands.*

**Keywords:** *abandoned land; agrogenosis; arable soil; soil fertility; ecosystem; succession.*

**How to cite:** *Mordkovich V.G. Abandoned land as an object of scientific and empirical interest. The Journal of Soils and Environment. 2024. 7(3). e289. DOI: [10.31251/pos.v7i3.289](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.289) (in Russian with English abstract).*

*Received 18 November 2024*

*Accepted 21 November 2024*

*Published 22 November 2024*

**About the author:**

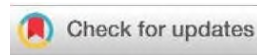
**Vyacheslav G. Mordkovich** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher in the Laboratory of Invertebrate Ecology, Institute of Systematics and Ecology of Animals, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [mordkovichvg@rambler.ru](mailto:mordkovichvg@rambler.ru)

*The author read and approved the final manuscript*





The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК 631.417.1

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.271>

## Содержание и запасы органического углерода в почвах залежей лесостепи Южного Предуралья

© 2024 М. А. Комиссаров <sup>1,2</sup>, М. М. Айвазян <sup>1,2</sup>, И. М. Габбасова <sup>1,2</sup>, Т. Т. Гарипов <sup>1,2</sup>,  
Р. Р. Сулейманов <sup>1,2</sup>, Н. И. Федоров <sup>1,2</sup>, Д. И. Рухович <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, проспект Октября, 69, г. Уфа, 450054, Россия. E-mail: [mkomissarov@list.ru](mailto:mkomissarov@list.ru)

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, 450064, Россия

<sup>3</sup>ФГБНУ ФИЦ «Почвенный Институт им. В.В. Докучаева», Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, г. Москва, 119017, Россия

**Цель исследования.** Анализ содержания и запасов органического углерода в почвах залежей Южного Предуралья при их использовании в качестве сенокосов и пастбищ, а также при зарастании лесом.

**Место и время проведения.** Российская Федерация, Республика Башкортостан, Мишкинский район, карбоновый полигон «Евразийский», май–октябрь 2023 г.

**Методы.** С участков 20–25-летних залежей карбонового полигона, занятых березняком, сенокосами и пастбищами, послойно отбирали (через 10 см до глубины 60 см) образцы почв и определяли в них содержание и запасы органического углерода ( $C_{орг}$ ), содержание щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора, обменного калия и реакцию среды.

**Основные результаты.** В слое 0–30 см серой лесной почвы содержание  $C_{орг}$  и под лесом, и на травяной залежи составляет 3,2% (в слое 30–60 см – 1,9%), а его запасы – 94–102 т/га (в слое 0–60 см – 162–179 т/га). В слое 0–30 см темно-серой лесной почвы содержание  $C_{орг}$  под березняком составляет 8,8% (в слое 30–60 см – 6,4%), а его запасы – 257 т/га (в слое 0–60 см – 492 т/га). На травяной залежи, используемой в качестве сенокосов и пастбищ, содержание  $C_{орг}$  в слое 0–30 см составляет 5,1–5,7%, в слое 30–60 см – 3,9–4,3 %; запасы  $C_{орг}$  в слое 0–30 см – 167–187 т/га, в слое 0–60 см – 319–343 т/га.

**Заключение.** Содержание и запасы  $C_{орг}$  в серой лесной почве под травянистыми растительными сообществами в 1,6–1,9 раза меньше, чем в темно-серой лесной; в темно-серой почве содержание и запасы  $C_{орг}$  под березняком на 50–70% выше, чем на сенокосах и пастбищах. Таким образом, перевод пахотных почв лесостепи Южного Предуралья в залежь способствовал снижению чрезмерной распаханности территории, прекращению низкорентабельного сельскохозяйственного производства, проявлению тенденции к восстановлению почв до целинных аналогов и снижению эрозийной опасности. Промежуточное по содержанию и запасам органического углерода состояние, занимаемое почвой залежи между пашней и лесом, даёт основание предполагать, что со временем в почвах сенокосов и пастбищ эти показатели могут значительно увеличиться.

**Ключевые слова:** залежь; органический углерод; березняк; пастбище; сенокос; серые лесные почвы (*Albic Greyic Phaeozems*).

**Цитирование:** Комиссаров М.А., Айвазян М.М., Габбасова И.М., Гарипов Т.Т., Сулейманов Р.Р., Федоров Н.И., Рухович Д.И. Содержание и запасы органического углерода в почвах залежей лесостепи Южного Предуралья // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e271. DOI: [10.31251/pos.v7i3.271](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.271)

### ВВЕДЕНИЕ

В круговороте углерода важную роль играет органическое вещество почв. В нем сосредоточено больше углерода, чем в растениях и атмосфере вместе взятых (Batjes, 1996; Smith, 2008). Общемировые запасы углерода в метровой толще почв планеты исчисляются тысячами гигатонн (Milne et al., 2007; Lal, 2008; Oelkers, Cole, 2008), из которых пятая часть находится на территории РФ (Kurganova et al., 2014). Содержание и запасы углерода в почве определяются сочетанием природных и антропогенных факторов, при этом почвы могут как выделять двуокись углерода в атмосферу вследствие деятельности микроорганизмов и минерализации органического вещества, так и депонировать её в процессе гумусообразования. Считается, что почти 90% двуокиси углерода атмосферы имеет почвенное происхождение (Dalal, Allen, 2008). Поступление диоксида углерода в атмосферу с сельскохозяйственных угодий планеты составляет около 20% от его доли, образующейся при сжигании ископаемого топлива (Федоров и др., 2021). В VI докладе Международной группы

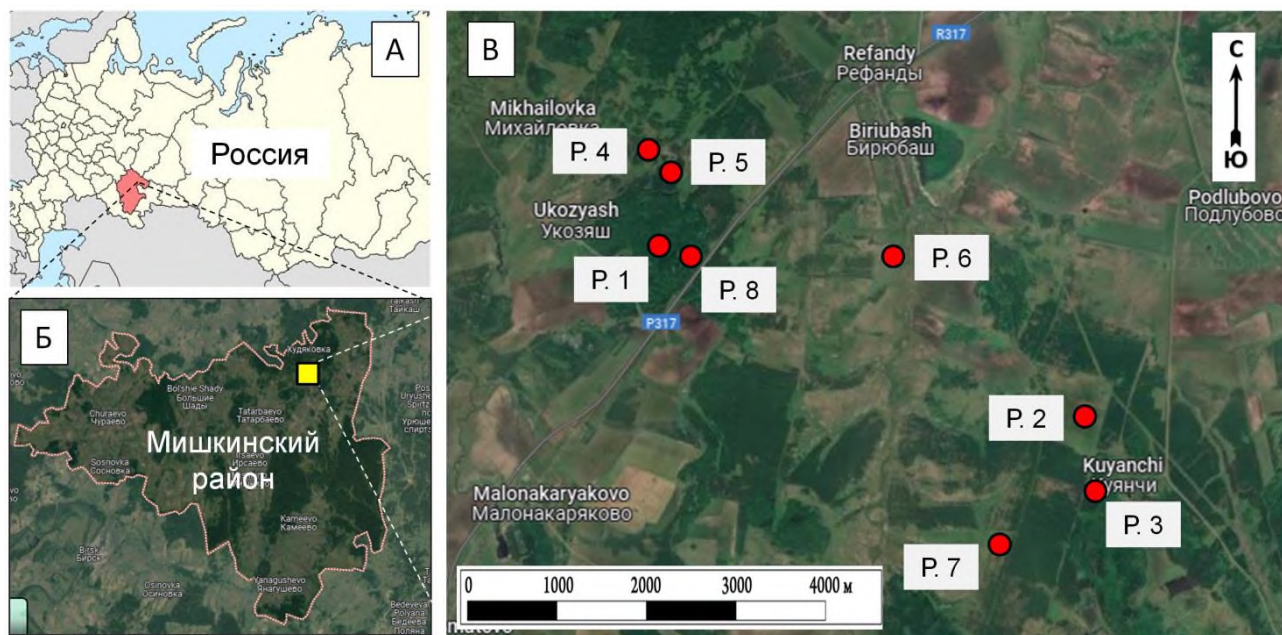
экспертов по изменению климата (Shukla et al., 2022 г.) отмечено, что концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере была настолько высокой последний раз 2 миллиона лет назад.

В зависимости от сельскохозяйственного использования почв может преобладать тот или иной процесс. Так, при вспашке с оборотом пласта увеличивается выделение  $\text{CO}_2$  в атмосферу, а при переводе в залежь – возрастает депонирование углерода почвой. В России, вследствие этого, начиная с 90-х годов XX века земледелие из источника  $\text{C-CO}_2$  превратилось в накопитель (секвестор)  $\text{C-CO}_2$  в размере около 20 млн т  $\text{C-CO}_2/\text{год}$  (Кудеяров, 2019). Изучению динамики содержания и запасов углерода в почве после вывода значительных площадей пашни из сельскохозяйственного оборота в конце XX века посвящен ряд работ (Люри и др., 2010; Рыжова и др., 2014; Баева и др., 2017; Миллер и др., 2023; Guo, Gifford, 2002; Kalinina et al., 2011). Если бы удалось воплотить в жизнь Международную инициативу «4 промилле», предложенную на Парижском совещании по климату в 2015 г. (Minasny et al., 2017), то это позволило бы компенсировать совокупный годовой антропогенный выброс  $\text{CO}_2$  за счёт накопления органического вещества в почве (Столбовой, 2020).

Залежи зачастую используются в качестве естественных кормовых угодий, площадь которых в РФ составляет порядка 88 млн га, с соотношением сенокосов и пастбищ около 1:3. Экологические и экономические аспекты использования залежей подробно рассмотрены в обзоре (Нечаева, 2023). По данным «Доклада о состоянии и использовании земель в Республике Башкортостан» (Доклад ..., 2021) площадь пашни составляет 3659,8 тыс. га (50,0%), сенокосов – 1274,9 тыс. га (17,4%), пастбищ – 2345,3 тыс. га (32,0%). Цель работы – анализ содержания и запасов органического углерода в почвах залежей при их использовании в качестве сенокосов и пастбищ, а также при зарастании лесом.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были почвы участка «Мишкино» карбонового полигона «Евразийский». Проведение полевых исследований и отбор почвенных образцов проводили согласно нормативному стандарту (ГОСТ Р 58595-2019), а также методикам (Абакумов и др., 2022; Курганова и др., 2022), разработанным для изучения органического вещества почв на карбоновых полигонах. Заложение разрезов и отбор образцов проводили в течение вегетационного периода 2023 г. Карта-схема мест их расположения приведена на рисунке.



**Рисунок.** Месторасположение карбонового полигона «Мишкино» в пределах: А – России, Б – Мишкинского района Республики Башкортостан. В – схема заложения разрезов на карбоновом полигоне «Мишкино»: P.1 – березняк (у деревни Укозяш), P.2 и P.4 – сенокос суходольный, P.3 – березняк (у деревни Куянчи), P.5 и P.8 – сенокос влажный, P.6 – пастбище сильносбитое, P.7 – залежь травяная.

Места заложения разрезов, почвенных прикопок и точек бурения в лесу и на залежи возрастом 20–25 лет, используемой в качестве сенокосов и пастбищ, выбраны в соответствии с геоботаническим обследованием. Всего было заложено восемь разрезов, 140 прикопок и 43 точки бурения. Отбор почвенных проб проводили из базовых разрезов и прикопок из слоев 0–10, 10–20, 20–30, 30–40 и 40–50 см. Также в пределах 10–20 м от основной точки исследования отбирали пробы почвенным буром из слоёв 0–30 и 30–60 см в пятикратной повторности. Для расчетов запасов органического вещества из базовых разрезов и прикопок отбирали образцы ненарушенной почвы на определение ее объёмной массы. Для этого послойно через каждые 10 см забивали металлические гильзы (высотой 10 см и диаметром 5 или 10 см). Определение содержания органического вещества почвы проводили согласно (ГОСТ 26213-2021), рН водной и солевой вытяжек – потенциметрически, азот щелочногидролизующий ( $N_{щел}$ ) – по Корнфилду (Агрехимические ..., 1975), фосфор подвижный и калий обменный – по Чирикову (ГОСТ 26204-91).

Запасы  $C_{орг}$  в почве определяли по формуле (Вадюнина, Корчагина, 1986):

$$ЗC_{орг} = C \times V \times \Pi,$$

где  $ЗC_{орг}$  – запасы  $C_{орг}$ , т/га;  $C$  – содержание  $C_{орг}$ , %;  $V$  – мощность слоя, см;  $\Pi$  – объёмная масса, г/см<sup>3</sup>.

Результаты обрабатывали статистически с помощью пакета программ Excel.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Территория участка «Мишкино» по ботанико-географическому районированию относится к зоне широколиственных лесов (Атлас ..., 2005), а в соответствии с морфологической и агропроизводственной характеристикой почв – к агропочвенному округу увалистого междуречья Уфа – Белая Северной лесостепной зоны Республики Башкортостан (Почвы Башкортостан, 1995). Почвенный покров представлен наиболее распространенным в этой зоне типом серых лесных почв, подтипами собственно серыми и тёмно-серыми лесными почвами (Albic Greyic Phaeozems – согласно международной классификации IUSS Working Group WRB (2015)).

Для характеристики морфологических свойств приводится описание типичных разрезов.

Разрез 1.  $A_1$  0–32 см – серый, сухой, непрочнo-комковатый, среднесуглинистый, слабоуплотнённый, переход заметный по цвету;  $A_2B$  32–52 см – серовато-буроватый, влажноватый, ореховатый, по граням кремнеземистый налёт, среднесуглинистый, уплотнённый, редкие корни деревьев, переход заметный по цвету;  $B$  52–... – бурый, влажный, крупно-ореховатый, тяжелосуглинистый, ближе к лёгкой глине, уплотнённый, единичные корни. Почва: серая лесная среднесуглинистая среднeмощная.

Разрез 5.  $A_1$  0–42 см – тёмно-серый, влажноватый, мелкозернисто-комковатый, среднесуглинистый, рыхлый, включения корней, переход ясный;  $AB$  42–57 см – буровато-серый, влажный, ореховатый, тяжелосуглинистый, слабоуплотнённый, редкие корни трав, переход постепенный;  $B$  57–... – бурый, влажноватый, ореховато-призматический, тяжелосуглинистый, уплотнённый. Почва: тёмно-серая лесная среднесуглинистая среднeмощная.

Почвы участка «Мишкино» среднeмощные; по структуре гумусово-аккумулятивных горизонтов серые лесные в основном непрочнo-комковатые; а тёмно-серые – мелкозернисто-комковатые; по гранулометрическому составу средне- и тяжелосуглинистые; под лесом рыхлые, под травянистой растительностью слабоуплотнённые. Почвообразующими породами для этих почв служат делювиальные отложения тяжелого гранулометрического состава.

Агрехимическая характеристика почв представлена в таблице 1. Серые лесные и тёмно-серые лесные почвы, как под лесом, так и на залежи, по степени гумусированности относятся к категории «высокая», тогда как в пахотных почвах – к «средней» категории. С глубиной в серых лесных почвах содержание гумуса снижается резко, в тёмно-серых – постепенно. Оба подтипа характеризуются средне- или сильнокислой реакцией среды, мало изменяющейся вниз по профилю почвы. Обеспеченность серой лесной почвы щелочногидролизующим азотом «повышенная», а тёмно-серой – «высокая»; подвижным фосфором – «очень низкая» и «низкая» независимо от подтипа, только в почве бывшей пашни под травяной залежью «средняя»; обменным калием – «средняя» и «повышенная». Эти почвы характеризуются достаточной обеспеченностью питательными элементами (кроме фосфора) и в целом благоприятны для роста и развития растений.

Таблица 1

## Агрохимическая характеристика почв

№ раз-реза	Тип растительного сообщества	Почва	Слой, см	pH <sub>вод</sub>	pH <sub>сол</sub>	N <sub>щел</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> подв.	K <sub>2</sub> O обм.
							мг/кг	
Р.3	Березняк (у деревни Куянчи)	Тёмно-серая лесная	0–10	5,1	4,2	338	19	80
			10–20	5,3	4,2	281	24	75
			20–30	5,1	4,1	–	15	70
			30–40	5,1	4,1	–	17	65
			40–50	5,0	3,8	–	23	90
Р.1	Березняк (у деревни Укозяш)	Серая лесная	0–10	5,1	3,9	112	36	95
			10–20	4,9	3,7	96	29	60
			20–30	5,0	3,8	–	17	50
			30–40	5,0	3,9	–	23	55
			40–50	4,9	3,9	–	18	85
Р.2	Сенокос суходольный	Тёмно-серая лесная	0–10	5,4	4,4	309	15	40
			10–20	5,4	4,4	278	16	40
			20–30	5,3	4,3	–	14	45
			30–40	5,3	4,3	–	18	55
			40–50	5,1	4,2	–	17	65
Р.4	Сенокос суходольный	Тёмно-серая лесная	0–10	5,5	4,5	246	41	90
			10–20	5,6	4,7	231	36	55
			20–30	5,6	4,6	–	31	60
			30–40	5,7	4,7	–	38	65
			40–50	5,5	4,6	–	63	75
Р.5	Сенокос влажный	Тёмно-серая лесная	0–10	5,3	4,4	325	18	75
			10–20	4,9	4,3	195	11	60
			20–30	5,3	4,4	–	9	40
			30–40	5,2	4,2	–	11	45
			40–50	5,4	4,3	–	12	55
Р.8	Сенокос влажный	Тёмно-серая лесная	0–10	5,2	4,2	277	18	85
			10–20	5,1	4,1	192	17	60
			20–30	5,3	4,2	–	20	55
			30–40	5,2	4,2	–	23	45
			40–50	5,3	4,3	–	19	75
Р.6	Пастбище сильносбитое	Тёмно-серая лесная	0–10	5,3	4,4	318	14	50
			10–20	5,6	4,6	210	12	45
			20–30	5,5	4,5	–	17	25
			30–40	5,2	4,4	–	10	55
			40–50	5,2	4,3	–	12	55
Р.7	Залежь травяная	Серая лесная	0–10	5,8	4,9	217	94	85
			10–20	5,6	4,6	205	46	85
			20–30	5,5	4,5	–	40	75
			30–40	5,4	4,5	–	28	70
			40–50	5,4	4,4	–	19	90

Примечание.

Прочерк означает, что щелочногидролизуемый азот не определяли.

Содержание органического углерода в гумусово-аккумулятивных горизонтах почв при их переводе в залежь изменяется в зависимости от множества факторов: типа почвы, расположения в ландшафте, интенсивности и характера предыдущего использования и др. Как правило, залежный режим способствует накоплению органического вещества, обусловленному, прежде всего,

увеличением поступающего в почву растительного материала и отсутствием механической обработки почв. Вместе с тем, при определенных условиях может происходить снижение содержания  $C_{орг}$  (Люри и др., 2013; Соболев и др., 2015; Когут и др., 2021). По сравнению с бывшими пахотными почвами, недавно выведенными из сельскохозяйственного оборота, содержание органического углерода в серой лесной почве на участке «Мишкино» на 33% выше в залежных почвах (Fedorov et al., 2023). При этом под лесом и на травяной залежи оно практически одинаковое как в слое 0–30, так и в слое 30–60 см (табл. 2). В аналогичных почвах, но в другом регионе (лесостепная зона Красноярского края), содержание гумуса в верхнем 0–10 см слое почвы выше под лесом, чем под травянистой растительностью (Токавчук, Сорокина, 2009), а серые почвы залежи, используемой как сенокос, занимали среднее положение по показателям плодородия, в том числе и содержанию  $C_{орг}$ , между пашней и чистой залежью Ачинско-Боготольской лесостепи (Сорокина, 2018).

Таблица 2

Содержание и запасы органического углерода в серых и тёмно-серых лесных почвах

Тип сообщества	Почва	$C_{орг}$ , %		Запасы $C_{орг}$ , т/га		
		0–30 см	30–60 см	0–30 см	30–60 см	0–60 см
Березняк (у д. Куянчи)	Тёмно-серая лесная	8,8±0,1 <sup>a</sup> (n=49)	6,4±0,5 <sup>a</sup> (n=7)	257±3 <sup>a</sup> (n=49)	235±18 <sup>a</sup> (n=7)	492
Березняк (у д. Укозяш)	Серая лесная	3,2±0,2 <sup>c</sup> (n=28)	1,9±0,3 <sup>c</sup> (n=10)	94±5 <sup>d</sup> (n=28)	68±10 <sup>c</sup> (n=28)	162
Сенокос суходольный	Тёмно-серая лесная	5,4±0,2 <sup>b</sup> (n=30)	3,9±0,4 <sup>b</sup> (n=10)	179±6 <sup>bc</sup> (n=30)	152±18 <sup>b</sup> (n=10)	331
Сенокос влажный	Тёмно-серая лесная	5,7±0,4 <sup>b</sup> (n=27)	4,3±0,2 <sup>b</sup> (n=9)	187±7 <sup>b</sup> (n=27)	156±15 <sup>b</sup> (n=9)	343
Пастбище сильносбитое	Тёмно-серая лесная	5,1±0,2 <sup>b</sup> (n=31)	3,9±0,2 <sup>b</sup> (n=10)	167±6 <sup>c</sup> (n=31)	152±8 <sup>b</sup> (n=10)	319
Залежь травяная	Серая лесная	3,2±0,1 <sup>c</sup> (n=29)	1,9±0,3 <sup>c</sup> (n=9)	102±3 <sup>d</sup> (n=29)	77±11 <sup>c</sup> (n=9)	179

Примечание.

Валовое содержание и запасы органического углерода представлены в виде среднего арифметического значения и стандартной ошибки. В скобках указано количество определений. Буквенными индексами обозначена достоверность различий (двухвыборочный t-тест,  $p < 0,05$ ): одинаковые индексы означают отсутствие различий, разные индексы – различия достоверны.

Необходимо отметить, что для определения баланса углерода в экосистемах такой показатель как запасы  $C_{орг}$  является более информативным, чем его содержание (Столбовой, 2020). Это связано с тем, что снижение содержания почвенного органического вещества приводит к уплотнению почвы, а следовательно, к увеличению ее объёмной массы; поэтому процентное уменьшение содержания углерода оказывается больше реального, компенсируясь уменьшением объёма почвенной массы. В глобальном масштабе для определения актуальных запасов органического углерода и потенциала почв для дальнейшей секвестрации  $CO_2$  с участием более 100 государств была составлена Всемирная карта запасов органического углерода в слое 0–30 см почв (проект ФАО ООН GSOC17).

На участке «Мишкино» запасы  $C_{орг}$  в слое 0–30 см на травяной залежи оказались несколько выше, чем в почве березняка, вследствие более высокой плотности сложения почвы. В слое 30–60 см запасы  $C_{орг}$  в почве травяной залежи и березняка оказались практически равными, поскольку различия, имеющиеся в верхней части почвенного профиля, на глубине в почвах одного подтипа не проявляются. Незначительность различий, помимо всего прочего, может также зависеть от временного фактора: для повышения содержания органического углерода в почве требуется гораздо больше времени, чем для снижения. Иногда для этого требуется порядка сотни лет (Stockmann et al., 2013).

В тёмно-серых лесных почвах сенокосов и пастбищ участка «Мишкино» содержание и запасы органического углерода в верхнем 30-см слое были намного выше, чем в серых лесных почвах, что обусловлено прежде всего генезисом этих почв. Запасы  $C_{орг}$  в почвах под травянистой растительностью оказались близки между собой, но при этом выражена тенденция к их возрастанию в ряду: пастбище сильносбитое – сенокос суходольный – сенокос влажный. В тоже время, в тёмно-серой лесной почве под березняком, где отсутствует отчуждение биомассы растений, содержание  $C_{орг}$  на 50–70% выше, чем в аналогичных почвах сенокосов и пастбищ. Такое же соотношение характерно

и для тёмно-серых лесных почв Курской области, где содержание углерода в почве под лесом в полтора раза выше, чем на залежи, и в два раза – чем на пашне (Недбаев, Малышева, 2018; Недбаев, 2022).

Промежуточное по содержанию и запасам органического углерода положение, занимаемое почвами залежей между целиной (лесом) и пашней обусловлено, прежде всего, быстрыми потерями органического вещества при распашке почв и сравнительно медленным процессом гумусонакопления. С течением времени почвы залежей, в том числе сенокосов и пастбищ, теоретически могут приближаться к целинным аналогам. В тоже время необходимо отметить, что в среднем даже за длительный срок такие почвы могут не накапливать, а терять органический углерод. Так, в работе (Барсуков, Ызаканов, 2022) показано, что в течение XX века почвы сенокосов и пастбищ лесостепной зоны Западной Сибири теряли углерод, хотя и в 5–7 раз меньше, чем пахотные. Кроме того, необходимо учитывать и смену сельскохозяйственного использования (цикл пашня-залежь), которая может неоднократно происходить за длительный период и приводить к снижению запасов углерода в почве (Чернова и др., 2016).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвы северной лесостепи Южного Предуралья отличаются высоким содержанием органического углерода, что обусловлено гумификацией достаточно большого количества лесного опада и растительных остатков в условиях континентального климата и близкого залегания известковых почвообразующих пород, состав и свойства которых способствуют нейтрализации кислых продуктов разложения и закреплению органического вещества в почве. В основном эти процессы происходят в гумусово-аккумулятивных горизонтах укороченного почвенного профиля, характерного для региона.

В серой лесной почве содержание  $C_{\text{орг}}$  под лесом и на травяной залежи, используемой в качестве сенокосов и пастбищ, существенно не различается и составляет 3,2%, а его запасы – 94–102 т/га. По этим показателям серые лесные почвы под травянистыми растительными сообществами в 1,6–1,9 раза уступают подтипу тёмно-серой лесной. В этой почве запасы  $C_{\text{орг}}$  под травянистой растительностью постепенно возрастают в ряду: пастбище сильносбитое – сенокос суходольный – сенокос влажный. В тоже время, в тёмно-серой лесной почве под березняком содержание и запасы  $C_{\text{орг}}$  на 50–70% выше, чем на сенокосах и пастбищах. Перевод пахотных почв лесостепи Южного Предуралья в залежь способствовал снижению чрезмерной распаханности территории, прекращению низкорентабельного сельскохозяйственного производства, проявлению тенденции к восстановлению почв до целинных аналогов и снижению эрозионной опасности. Промежуточное по содержанию и запасам органического углерода состояние, занимаемое почвой залежи между пашней и лесом, дает основание предполагать, что со временем в почвах сенокосов и пастбищ эти показатели могут значительно увеличиться.

В целом занятые травянистой растительностью почвы участка карбонового полигона «Мишкино», особенно тёмно-серые лесные, обладают высоким потенциалом к депонированию углерода.

### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Оценка баланса парниковых газов на участках Евразийского карбонового полигона с целью разработки технологий увеличения депонирования углерода экосистемами Республики Башкортостан на 2024–2026 годы» (№ для публикаций: FEUR-2024-0007).

### ЛИТЕРАТУРА

Абакумов Е.В., Поляков В.И., Чуков С.Н. Подходы и методы изучения органического вещества почв карбоновых полигонов России (обзор) // Почвоведение. 2022. № 7. С. 773–786. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070024>

Агрохимические методы исследования почв / А.В. Соколов (отв. ред.). Москва: Наука, 1975. 656 с.

Атлас Республики Башкортостан / И.М. Япаров (отв. ред.). Уфа: Китап, 2005. 420 с.

Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес Де Гереню В.О., Овсепян Л.А., Телеснина В.М., Цветкова Ю.Д. Изменение агрегатного состава различных типов почв в ходе залежной сукцессии // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. Выпуск 88. С. 47–74. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-47-74>

- Барсуков П.А., Ызаканов Т.Ж. Расчет потерь органического углерода из почв на примере лесостепи Западной Сибири // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2022. № 6. С. 123–130. <https://doi.org/10.26104/IVK.2022.45.557#>
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- ГОСТ 26204–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Москва: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.
- ГОСТ 26213–2021. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.
- ГОСТ Р 58595–2019. Почвы. Отбор проб. Официальное издание. Москва: Стандартинформ, 2019. 6 с.
- Доклад о состоянии и использовании земель в Республике Башкортостан (2020 год). Ч. 2. Уфа, 2021. 230 с.
- Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н. Дегумусирование и почвенная секвестрация углерода // Агрохимия. 2021. № 5. С. 3–13. <https://doi.org/10.31857/S0002188121050070>
- Кудяров В.Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. 2019. № 1. С. 109–121. <https://doi.org/10.1134/S0032180X1901009X>
- 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. Пилотный карбоновый полигон в России: анализ состояния почв и запасы углерода в лесной растительности // Почвы и окружающая среда. 2022. Том 5. № 2. e169. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>
- 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.
- Люри Д.И., Карелин Д.В., Кудиков А.В., Горячкин С.В. Изменение почвенного дыхания в ходе постагрогенной сукцессии на песчаных почвах в южной тайге // Почвоведение. 2013. № 9. С. 1060–1072. <https://doi.org/10.7868/S0032180X13070058>
- Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н. Почвенно-экологическая оценка разновозрастных залежей юго-востока Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 4. e230. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Недбаев В.Н. Экологические и биогеохимические особенности окультуривания темно-серой лесной почвы Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 14–22.
- Недбаев В.Н., Малышева Е.В. Содержание гумуса в темно-серых лесных почвах и его трансформация в агроландшафтах Центрально-Черноземной зоны // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 65–70.
- Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Почвы Башкортостана / Ф.Х. Хазиев (отв. ред.). Уфа: Гилем, 1995. 384 с.
- Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А. Динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги // Почвоведение. 2014. № 12. С. 1426–1435. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14090111>
- Соболь Н.В., Габбасова И.М., Комиссаров М.А., Сулейманов Р.Р. Эродированные почвы Зауральской степной зоны и оценка их состояния в условиях изменения климата // Известия Уфимского научного центра РАН. 2015. № 4–1. С. 143–146.
- Сорокина О.А. Оценка запасов фитомассы и плодородия серых почв залежей // Почвы и окружающая среда. 2018. Том 1. № 3. С. 170–179. <https://doi.org/10.31251/pos.v1i3.40>
- Столбовой В.С. Регенеративное земледелие и смягчение изменений климата // Достижения науки и техники АПК. 2020. Том 34. № 7. С. 19–26. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10703>
- Токавчук В.В., Сорокина О.А. Оценка влияния леса на агрохимические свойства почв залежей лесостепной зоны // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2009. № 6. С. 9–17.
- Федоров Ю.А., Сухоруков В.В., Трубник Р.Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы // Антропогенная трансформация природной среды. 2021. Том 7. № 1. С. 6–34. <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2021-1-6-34>



- Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Опыт региональной оценки изменений запасов углерода в почвах южной тайги и лесостепи за исторический период // Почвоведение. 2016. № 8. С. 1013–1028. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16080037>
- Batjes N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world // European Journal of Soil Science. 1996. Vol. 47. No. 2. P. 151–163. [https://doi.org/10.1111/ejss.12114\\_2](https://doi.org/10.1111/ejss.12114_2)
- Dalal R.C., Allen D.E. Greenhouse gas fluxes from natural ecosystems // Australian Journal of Botany. 2008. Vol. 56. No. 5. P. 369–407. <https://doi.org/10.1071/BT07128>
- Fedorov N., Shirokikh P., Zhigunova S., Baisheva E., Tuktamyshev I., Bikbaev I., Komissarov, M., Zaitsev G., Giniyatullin R., Gabbasova I., Urazgildin R., Kulagin A., Suleymanov R., Gabbasova D., Muldashev A., Maksyutov S. Dynamics of biomass and carbon stocks during reforestation on abandoned agricultural lands in Southern Ural region // Agriculture. 2023. Vol. 13. No. 7. 1427. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071427>
- Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis // Global Change Biology. 2002. Vol. 8. No. 4. P. 345–360. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. 2015. FAO, Rome. 182 p.
- Kalinina O., Krause S.-E., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Giani L. Self-restoration of postagrogenic chernozems of Russia: soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools // Geoderma. 2011. Vol. 162. No. 1–2. P. 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.02.005>
- Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia // Global Change Biology. 2014. Vol. 20. No. 4. P. 938–947. <https://doi.org/10.1111/gcb.12379>
- Lal R. Carbon sequestration // Philosophical Transactions of the Royal Society. 2008. Vol. 363. P. 815–830.
- Milne E., Al-Adamat R., Batjes N., Bernoux M., Bhattacharyya T., Cerri C.C., Cerri C.E.P., Coleman K., Easter M.J., Falloon P., Feller C., Gicheru P., Kamoni P., Killian K., Pal D.K., Paustian K., Powlson D.S., Rawajfeh Z., Sessay M., William S., Wokabi S.M. National and sub national assessments of soil organic carbon stocks and changes: the GEFSOC modelling system // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2007. Vol. 122. No. 1. P. 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.01.002>
- Minasny B., Malone B.P., McBratney A.B., Angers D.A., Arrouays D., Chambers A., Chaplot V., Chen Z.-S., Cheng K., Das B.S., Field D.J., Gimona A., Hedley C.B., Hong S.Y., Mandal B., Marchant B.P., Martin M., McConkey B.G., Mulder V.L., O'Rourke Sh., Richer-de-Forges A.C., Odeh I., Padarian J., Paustian K., Pan G., Poggio L., Savin I., Stolbovoy V., Stockmann U., Sulaeman Yi., Tsui C.-C., Vågen T.-G., Wesemael B.V., Winowiecki L. Soil carbon 4 per mille // Geoderma. 2017. Vol. 292. P. 59–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>
- Oelkers E.H., Cole D.R. Carbon dioxide sequestration: a solution to the global problem // Elements. 2008. Vol. 4. No. 5. P. 305–310. <https://doi.org/10.2113/gselements.4.5.305>
- Smith P. Land use change and soil organic carbon dynamics // Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2008. Vol. 81. P. 169–178. <https://doi.org/10.1007/s10705-007-9138-y>
- Shukla P.R., Skea J., Slade R., Al Khouradajie A., Van Diemen R., McCollum D., Pathak M., Some S., Vyas P., Fradera R., Belkacemi M. Climate change 2022: Mitigation of climate change // Contribution of working group III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022. Vol. 10. P. 9781009157926. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- Stockmann U., Adams M.A., Crawford J.W., Field D.J., Henakaarchchi N., Jenkins M., Minasny B., McBratney A.B., de Remy de Courcelles V., Singh K., Wheeler I., Abbott L., Angers D.A., Baldock J., Bird M., Brookes P.C., Chenu C., Jastrow J.D., Lal R., Lehmann J., O'Donnell A.G., Parton W.J., Whitehead D., Zimmermann M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2013. Vol. 164. P. 80–99. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001>

*Поступила в редакцию 27.07.2024*

*Принята 08.08.2024*

*Опубликована 05.09.2024*

#### **Сведения об авторах:**

**Комиссаров Михаил Александрович** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Россия); старший научный сотрудник лаборатории мониторинга климатических изменений и углеродного

баланса экосистем Уфимского государственного нефтяного технического университета (г. Уфа, Россия); [mkomissarov@list.ru](mailto:mkomissarov@list.ru)

**Айвазян Михаил Михайлович** – аспирант лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Россия); лаборант лаборатории мониторинга климатических изменений и углеродного баланса экосистем Уфимского государственного нефтяного технического университета (г. Уфа, Россия); [fencer90@mail.ru](mailto:fencer90@mail.ru)

**Габбасова Илюся Масгутовна** – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией почвоведения Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Россия); главный научный сотрудник лаборатории мониторинга климатических изменений и углеродного баланса экосистем Уфимского государственного нефтяного технического университета (г. Уфа, Россия); [gimib@mail.ru](mailto:gimib@mail.ru)

**Гарипов Тимур Талмасович** – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Россия); старший научный сотрудник лаборатории мониторинга климатических изменений и углеродного баланса экосистем Уфимского государственного нефтяного технического университета (г. Уфа, Россия); [timurgar@gmail.com](mailto:timurgar@gmail.com)

**Сулейманов Руслан Римович** – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории почвоведения Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Россия); начальник лаборатории искусственного интеллекта в исследованиях окружающей среды Уфимского государственного нефтяного технического университета (г. Уфа, Россия); [soils@mail.ru](mailto:soils@mail.ru)

**Федоров Николай Иванович** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией геоботаники и растительных ресурсов Уфимского Института биологии – обособленного структурного подразделения ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН (г. Уфа, Россия); главный научный сотрудник лаборатории мониторинга климатических изменений и углеродного баланса экосистем Уфимского государственного нефтяного технического университета (г. Уфа, Россия); [fedorov@anrb.ru](mailto:fedorov@anrb.ru)

**Рухович Дмитрий Иосифович** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией почвенной информатики ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (г. Москва, Россия); [landmap@yandex.ru](mailto:landmap@yandex.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Soil organic carbon content and stock in the abandoned lands in the forest-steppe of the Southern Cis-Urals

© 2024 M. A. Komissarov <sup>1,2</sup>, M. M. Ayvazyan <sup>1,2</sup>, I. M. Gabbasova <sup>1,2</sup>, T. T. Garipov <sup>1,2</sup>,  
R. R. Suleymanov <sup>1,2</sup>, N. I. Fedorov <sup>1,2</sup>, D. I. Rukhovich <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ufa Institute of Biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, prospekt Oktyabrya, 69, Ufa, 450054, Russia. E-mail: [mkomissarov@list.ru](mailto:mkomissarov@list.ru)

<sup>2</sup>Ufa State Petroleum Technical University, st. Kosmonavtov, 1, Ufa, 450064, Russia

<sup>3</sup>V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskiy Pereulok, 7, buil. 2, Moscow, 119017, Russia

**Purpose of the study** was to analyze soil organic carbon (SOC) content and stocks in the abandoned lands of the Southern Cis-Ural, which are used as hayfields and pastures or are under spontaneous forest revegetation.

**Location and time of the study.** Russian Federation, Republic of Bashkortostan, Mishkinsky district, «Eurasian carbon polygon», May-October 2023.

**Methods.** Soil samples were taken layer by layer (every 10 cm to a depth of 60 cm) from the abandoned (for 20–25 yrs) lands of the carbon polygon occupied by birch forests, hayfields and pastures. The samples were used to determine the content of organic carbon, alkali-hydrolyzable nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium, as well as pH (water) and salts.

**Main results.** The SOC content both under forest and grasslands in the 0–30 cm layer in gray forest soil was 3.2%, (in the 30–60 cm layer – 1.9%); SOC stock was estimated as 94–102 t/ha (in a layer of 0–60 cm – 162–179 t/ha). The SOM content in the dark-gray forest soil under a birch forest was 8.8% in the 0–30 cm layer (6.4% in the 30–60 cm layer), and its stocks were 257 t/ha (492 t/ha in the 0–60 cm layer). The SOC content in the 0–30 cm layer of grasslands used as hayfields and pastures was 5.1–5.7% in the 0–30 cm layer and 3.9–4.3% in the 30–60 cm layer. The respective SOC stock was estimated as 167–187 t/ha in the 0–30 cm layer and 319–343 t/ha in the 0–60 cm layer.

**Conclusion.** The SOC content and stock in the gray forest soil under communities of herbs and grasses were 1.6–1.9 times less than in the dark-gray birch forest soil, where the content and SOC stock were 50–70% higher than in hayfields and pastures. Thus abandonment of the arable lands in the forest-steppe in the southern Cis-Urals region decreased the excessive percentage of ploughed land, stopped the low-profitable agricultural production and started spontaneous restoration of ecosystems and their soils in the direction of adjacent virgin ones, decreasing erosion hazards. The SOC and its stock values of the abandoned soils being between the respective ones for the arable and virgin soil, suggest that further on with course of time these properties may significantly increase.

**Keywords:** abandoned land; soil organic carbon; birch forest; pasture; hayfield; gray forest soils (Albic Greyic Phaeozems).

**How to cite:** Komissarov M.A., Ayvazyan M.M., Gabbasova I.M., Garipov T.T., Suleymanov R.R., Fedorov N.I., Rukhovich D.I. Soil organic carbon content and stock in the abandoned lands in the forest-steppe of the Southern Cis-Urals. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e271. DOI: [10.31251/pos.v7i3.271](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.271) (in Russian with English abstract).

## FUNDING

This research was performed within the state assignment framework of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation «Assessment of greenhouse gas balance in the Eurasian carbon polygon with the aim to develop technologies to increase carbon stocks by ecosystems of the Republic of Bashkortostan for 2024–2026» (Number for publications: FEUR-2024-0007).

## REFERENCES

- Abakumov E.V., Polyakov V.I., Chukov S.N. Approaches and methods for studying soil organic matter in the carbon polygons of Russia (review). *Eurasian Soil Science*. 2022. Vol. 55. No. 7. P. 849–860. <https://doi.org/10.1134/s106422932207002x>
- Agrochemical methods for soil research / A.V. Sokolov (ed.). Moscow: Nauka Publ., 1975. 656 p. (in Russian).
- Atlas of the Republic of Bashkortostan / I.M. Yaparov (ed.). Ufa: Kitap Publ., 2005. 420 p. (in Russian).
- Baeva Yu.I., Kurganova I.N., Lopes De Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Telesnina V.M., Tsvetkova Yu.D. Change in aggregate structure of various soil types during the succession of abandoned lands. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017. Vol. 88. P. 47–74. (in Russian). <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2017-88-47-74>
- Barsukov P.A., Yzakanov T.Zh. Calculation of organic carbon losses from soils on the example of the forest-steppe of western Siberia. *Izvestiya VUZov Kyrgyzstana*. No. 6. 2022. P. 123–130. (in Russian). <https://doi.org/10.26104/IVK.2022.45.557#>
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soils. Moscow: Agropromizdat, 1986. 416 p. (in Russian).
- GOST 26204–91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium using the Chirikov method as modified by TsINAO. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2021. 8 p. (in Russian).
- GOST 26213–2021. Soils. Methods for determining organic matter. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2021. 8 p. (in Russian).
- GOST R 58595–2019. Soils. Sample selection. Official publication. Moscow: Standardinform, 2019. 6 p. (in Russian).
- Report on the state and use of land in the Republic of Bashkortostan (2020). Part 2. Ufa, 2021. 230 p. (in Russian).
- Kogut B.M., Semenov V.M., Artemyeva Z.S., Danchenko N.N. Dehumidification and soil sequestration of carbon. *Agrokhimia*. 2021. No. 5. P. 3–13. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188121050070>
- Kudeyarov V.N. Soil-biogeochemical aspects of arable farming in the Russian Federation. *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52. No. 1. P. 94–104. <https://doi.org/10.1134/S1064229319010095>

- Kurganova I.N., Lopez de Gerenyu V. O., Ipp S.L., Kaganov V.V., Khoroshaev D.A., Rukhovich D.I., Sumin Yu.V., Durmanov N.D., Kuzyakov Ya.V. Pilot carbon polygon in Russia: analysis of carbon stocks in soils and vegetation. *The Journal of Soils and Environment*. 2022. Vol. 5. No. 2. e169. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of agricultural lands in Russia in the 20th century and post-agrogenic restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS Publ., 2010. 416 p. (in Russian).
- Lyuri D.I., Karelin D.V., Kudikov A.V., Goryachkin S.V. Changes in soil respiration in the course of the postagrogenic succession on sandy soils in the Southern taiga zone. *Eurasian Soil Science*. 2013. Vol. 46. No. 9. P. 935–947. <https://doi.org/10.1134/S1064229313070041>
- Miller G.F., Solovyov S.V., Bezborodova A.N. Soil-ecological assessment of soils of abandoned lands of different age in the southeast of West Siberia. *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 4. e230. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Nedbaev V.N. Ecological and biogeochemical features of cultivation of dark gray forest soil of the Central Black Earth region. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2022. No. 3. P. 14–22. (in Russian).
- Nedbaev V.N., Malysheva E.V. The humus content in dark gray forest soils and its transformation in agricultural the agricultural landscapes of the Central Black Earth zone. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2018. No. 8. P. 65–70. (in Russian).
- Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Soils of Bashkortostan / F.Kh. Khaziev (ed.). Ufa: Gilem Publ., 1995. 384 p. (in Russian).
- Ryzhova I.M., Erokhova A.A., Podvezennaya M.A. Dynamics and structure of carbon storage in the postagrogenic ecosystems of the southern taiga. *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47. No. 12. P. 1207–1215. <https://doi.org/10.1134/S1064229314090117>
- Sobol N.V., Gabbasova I.M., Komissarov M.A., Suleymanov R.R. Eroded soils of the Trans-Ural steppe zone and assessment of their condition in conditions of climate change. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2015. No. 4-1. P. 143–146. (in Russian).
- Sorokina O.A. Estimation of phytomass reserves and fertility of gray soil assets. *The Journal of Soils and Environment*. 2018. Vol. 1 No. 3. P. 170–179. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v1i3.40>
- Stolbovoy V.S. Regenerative agriculture and climate change mitigation. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2020. Vol. 34. No. 7. P. 19–26. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10703>
- Tokavchuk V.V., Sorokina O.A. Assessment of the influence of forests on the agrochemical properties of fallow soils in the forest-steppe zone. *Bulletin of Krasnoyarsk Agrarian University*. 2009. No. 6. P. 9–17. (in Russian).
- Fedorov Yu.A., Sukhorukov V.V., Trubnik R.G. Review: emission and absorption of greenhouse gases by soils. *Ecological problems. Anthropogenic Transformation of Environment*. 2021. Vol. 7. No. 1. P. 6–34. (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2021-1-6-34>
- Chernova O.V., Ryzhova I.M., Podvezennaya M.A. An experience in regional estimates of changes in soil carbon pools of the southern taiga and forest-steppe during the historical period. *Eurasian Soil Science*. 2016. Vol. 49. No. 8. P. 954–967. <https://doi.org/10.1134/S1064229316080032>
- Batjes N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*. 1996. Vol. 47. No. 2. P. 151–163. [https://doi.org/10.1111/ejss.12114\\_2](https://doi.org/10.1111/ejss.12114_2)
- Dalal R.C., Allen D.E. Greenhouse gas fluxes from natural ecosystems. *Australian Journal of Botany*. 2008. Vol. 56. No. 5. P. 369–407. <https://doi.org/10.1071/BT07128>
- Fedorov N., Shirokikh P., Zhigunova S., Baisheva E., Tuktamyshev I., Bikbaev I., Komissarov, M., Zaitsev G., Giniyatullin R., Gabbasova I., Urazgildin R., Kulagin A., Suleymanov R., Gabbasova D., Muldashev A., Maksyutov S. Dynamics of biomass and carbon stocks during reforestation on abandoned agricultural lands in Southern Ural region. *Agriculture*. 2023. Vol. 13. No. 7. 1427. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071427>
- Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*. 2002. Vol. 8. No. 4. P. 345–360.
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. 2015. FAO, Rome. 182 p.

- Kalinina O., Krause S.-E., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Giani L. Self-restoration of postagrogenic chernozems of Russia: soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools. *Geoderma*. 2011. Vol. 162. No. 1–2. P. 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.02.005>
- Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia. *Global Change Biology*. 2014. Vol. 20. No. 4. P. 938–947. <https://doi.org/10.1111/gcb.12379>
- Lal R. Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 2008. Vol. 363. P. 815–830.
- Milne E., Al-Adamat R., Batjes N., Bernoux M., Bhattacharyya T., Cerri C.C., Cerri C.E.P., Coleman K., Easter M.J., Falloon P., Feller C., Gicheru P., Kamoni P., Killian K., Pal D.K., Paustian K., Powlson D.S., Rawajfeh Z., Sessay M., William S., Wokabi S.M. National and sub national assessments of soil organic carbon stocks and changes: the GEFSOC modelling system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2007. Vol. 122. No. 1. P. 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.01.002>
- Minasny B., Malone B.P., McBratney A.B., Angers D.A., Arrouays D., Chambers A., Chaplot V., Chen Z.-S., Cheng K., Das B.S., Field D.J., Gimona A., Hedley C.B., Hong S.Y., Mandal B., Marchant B.P., Martin M., McConkey B.G., Mulder V.L., O'Rourke Sh., Richer-de-Forges A.C., Odeh I., Padarian J., Paustian K., Pan G., Poggio L., Savin I., Stolbovoy V., Stockmann U., Sulaeman Yi., Tsui C.-C., Vågen T.-G., Wesemael B.V., Winowiecki L. Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*. 2017. Vol. 292. P. 59–86. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.002>
- Oelkers E.H., Cole D.R. Carbon dioxide sequestration: a solution to the global problem. *Elements*. 2008. Vol. 4. No. 5. P. 305–310. <https://doi.org/10.2113/gselements.4.5.305>
- Smith P. Land use change and soil organic carbon dynamics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2008. Vol. 81. P. 169–178. <https://doi.org/10.1007/s10705-007-9138-y>
- Shukla P.R., Skea J., Slade R., Al Khourdajie A., Van Diemen R., McCollum D., Pathak M., Some S., Vyas P., Fradera R., Belkacemi M. Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2022. Vol. 10. P. 9781009157926. <https://doi.org/10.1017/9781009157926>
- Stockmann U., Adams M.A., Crawford J.W., Field D.J., Henakaarchchi N., Jenkins M., Minasny B., McBratney A.B., de Remy de Courcelles V., Singh K., Wheeler I., Abbott L., Angers D.A., Baldock J., Bird M., Brookes P.C., Chenu C., Jastrow J.D., Lal R., Lehmann J., O'Donnell A.G., Parton W.J., Whitehead D., Zimmermann M. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2013. Vol. 164. P. 80–99. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.001>

*Received 27 July 2024*

*Accepted 08 August 2024*

*Published 05 September 2024*

#### **About the authors:**

**Mikhail A. Komissarov** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Soil Science in the Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Ufa, Russia); Senior Researcher in the Laboratory of Climate Change Monitoring and Carbon Ecosystems Balance, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russia); [mkomissarov@list.ru](mailto:mkomissarov@list.ru)

**Mikhail M. Ayvazyan** – Postgraduate Researcher in the Laboratory of Soil Science in the Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Ufa, Russia); Assistant in the Laboratory of Climate Change Monitoring and Carbon Ecosystems Balance, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russia); [fencer90@mail.ru](mailto:fencer90@mail.ru)

**Ilyusya M. Gabbasova** – Doctor of Biological Sciences, Head of Laboratory of Soil Science in the Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Ufa, Russia); Chief Researcher in the Laboratory of Climate Change Monitoring and Carbon Ecosystems Balance, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russia); [gimib@mail.ru](mailto:gimib@mail.ru)

**Timur T. Garipov** – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Soil Science in the Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Ufa, Russia); Senior Researcher in the Laboratory of Climate Change Monitoring and Carbon Ecosystems Balance, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russia); [timurgar@gmail.com](mailto:timurgar@gmail.com)

**Ruslan R. Suleymanov** – Doctor of Biological Sciences, Principal Researcher in the Laboratory of Soil Science in the Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian

Academy of Sciences (Ufa, Russia); Head of the Laboratory of Artificial Intelligence in Environmental Research, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russia); [soils@mail.ru](mailto:soils@mail.ru)

**Nikolay I. Fedorov** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Geobotany and Plant Resources in the Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Ufa, Russia); Principal Researcher in the Laboratory of Climate Change Monitoring and Carbon Ecosystems Balance, Ufa State Petroleum Technological University (Ufa, Russia); [fedorov@anrb.ru](mailto:fedorov@anrb.ru)

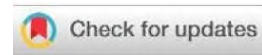
**Dmitry I. Rukhovich** – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Soil Informatics in the Federal State Budgetary Institution of Science Federal Research Center «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute» (Moscow, Russia); [landmap@yandex.ru](mailto:landmap@yandex.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК 631.41

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.272>

## Динамика пулов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги

© 2024 В. М. Телеснина , М. А. Подвезенная , И. М. Рыжова 

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Ленинские горы, 1/12,  
г. Москва, 119991, Россия. E-mail: [vtelesnina@mail.ru](mailto:vtelesnina@mail.ru)

**Цель исследования.** Оценить характер изменения основных пулов углерода экосистем при постагрогенном восстановлении растительности для разных сельскохозяйственных угодий.

**Место и время проведения.** Исследования проводили в Костромской области. Объекты – хроноряды, представляющие собой зарастающую пашню, сенокос, сенокос-выгон и хорошо удобряемый частный огород.

**Методы.** Биомасса древостоя рассчитана аллометрически, живого напочвенного покрова – методом укосов (надземная) и монолитов (подземная). Содержание почвенного углерода определяли методом бихроматного окисления; микробную биомассу почвы оценивали методом субстрат-индуцированного дыхания.

**Основные результаты.** В течение сукцессии для пашен и сенокосов выявлено увеличение запасов углерода экосистемы за счёт роста древесной фитомассы, доля запасов углерода которой растёт от 0–10 до 65–78% за 40–50 лет. При зарастании удобренных огородов в течение 35 лет возобновления древостоя нет. В пахотном слое используемых в настоящее время почв содержится 0,83–1,05% органического углерода, в почве сенокосного луга – 2,25%, сенокосно-пастбищного луга – 3,97%, в почве огорода – 4,89%. При зарастании пашен запасы углерода в старопашотной толще увеличиваются от 2,0–2,6 до 3,0–5,0 кг С/м<sup>2</sup>, при зарастании сенокосного луга – снижаются от 5,2 до 4,8 кг С/м<sup>2</sup>, сенокоса-выгона – снижаются в 3,8 раза, огорода – за 35 лет практически не меняются (более 10 кг С/м<sup>2</sup>).

**Заключение.** При лесовосстановлении по пашням, а также сенокосам при отсутствии выпаса скота, запасы углерода экосистемы увеличиваются в 4–7 раз при уменьшении доли почвенного углерода. Направление и характер динамики пулов углерода определяется гумусным состоянием почвы в начале сукцессии и, как следствие, типом использования.

**Ключевые слова:** сукцессия; пашня; сенокос; почвенное органическое вещество; Albic Retisol; Retic Albic Podzol; подзолы; дерново-подзолистые почвы.

**Цитирование:** Телеснина В.М., Подвезенная М.А., Рыжова И.М. Динамика пулов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e272. DOI: [10.31251/pos.v7i3.272](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.272)

### ВВЕДЕНИЕ

В течение последних десятилетий на территории России площадь сельскохозяйственных угодий, выведенных из использования, продолжает увеличиваться (Люри и др., 2010). На месте бывших агроценозов происходит постепенное восстановление исходной растительности (Kämpf et al., 2016), в результате чего в процессе демулационной сукцессии изменяются основные характеристики биологического круговорота и, как следствие, почти весь спектр почвенных свойств. На территории лесной зоны восстановление растительности сопровождается наиболее ярко выраженным трендом увеличения запасов общего углерода, аккумулируемого биогеоценозом, и его перераспределением в основных пулах – древостое, подстилке, минеральной части почвенного профиля. Лесовосстановление сопровождается аккумуляцией углерода преимущественно многолетними фракциями древесной фитомассы, в которой запас углерода превышает аналогичный показатель в минеральном профиле почвы в 1,5–3 раза (Рыжова и др., 2014; Телеснина, Жуков, 2019; Курганова и др., 2022).

Почвы в течение естественного лесовосстановления претерпевают изменения как морфологического строения профиля, так и физических, физико-химических и химических свойств, каждое из которых характеризуется своими особенностями динамики в зависимости от комплекса факторов. Морфологические признаки прошлого окультуривания в виде фрагментов пахотного горизонта могут присутствовать в течение более чем 100 лет (Kalinina et al., 2009). Как правило, по мере лесовосстановления повышается кислотность в верхней части профиля (Курганова и др., 2021), особенно после полного смыкания древостоя (Телеснина и др., 2016). Физико-химические свойства, такие как кислотность и сумма обменных оснований, наиболее динамичны и восстанавливаются быстро (Литвинович и др., 2004; Кечайкина и др., 2011), в отличие от гумусного состояния почвы.

Органофиль пахотной почвы, а также почвы, соответствующей луговой стадии залежи, принципиально отличается от органофилия почвы лесного фитоценоза. После прекращения распашки прекращается изъятие органического вещества с урожаем, на месте пашни поселяется разнотравно-злаковая растительность, которой свойственны высокая продуктивность надземной и, особенно, подземной части. В то же время постепенно затухает эффект последствия многолетнего внесения удобрений. При возобновлении древесной растительности, отличающейся принципиально другим составом наземного опада (Poeplau et al., 2011), появляется горизонт подстилки, который по мере сукцессии усложняется в строении и пространственной дифференциации, особенно если речь идет о возобновлении хвойных лесов (Телеснина и др., 2016). При этом увеличивается значение подстилок, как источника питательных веществ для растений (Kalinina et al., 2009). Доля запасов углерода подстилки составляет до 10% от общего запаса углерода в профиле почв (Владыченский и др., 2013; Kalinina et al., 2015). Сколь-либо существенная динамика содержания и запасов углерода в минеральной части профиля прослеживается только в верхней, старопахотной его части, особенно в верхней трети старопахотного горизонта (Kalinina et al., 2011). В легких почвах постагрогенная динамика запасов углерода выражена более отчетливо, чем в тяжелых, поскольку по мере лесовосстановления происходит перераспределение запасов органического вещества между подстилкой и минеральной частью профиля (Kalinina et al., 2010). Динамика содержания и запасов углерода в течение постагрогенного лесовосстановления может иметь разную направленность в зависимости от совокупности таких факторов, как нативные свойства почвы, характер сельскохозяйственного использования, регулярность внесения органических удобрений и, как следствие, гумусное состояние почвы на момент вывода из хозяйственного использования. Степень окультуренности также детерминирует направление динамики содержания углерода почвы по мере постагрогенного лесовосстановления – оно может уменьшаться в богатых гумусом, хорошо окультуренных почвах (Люри и др., 2010; Телеснина, Жуков, 2019), увеличиваться в малогумусных почвах любого гранулометрического состава (Рыжова и др., 2015; Овсепян, 2017; Курганова и др., 2019) или практически не меняться, если содержание углерода мало отличается от целинной почвы (Kalinina et al., 2013). Иначе говоря, при зарастании пашни лесом величина запасов углерода в почве стремится к стационарному состоянию, определенному их гранулометрическим составом и конкретными биоклиматическими условиями (Рыжова и др., 2014).

Почвенное органическое вещество представляет собой сложную кинетически гетерогенную систему, компоненты которой различаются по степени дисперсности и связи с минеральными компонентами. В.М. Семенов с соавторами (Семенов и др., 2023) предлагают выделять структурные и процессные пулы органического вещества. К структурным относятся пул, представленный грубыми твердыми органическими частицами размером 2–0,053 мм (Particulate Organic Matter, POM), и пул тонкодисперсных, связанных с минералами органических веществ размером менее 0,053 мм (Mineral-Associated Organic Matter, MAOM). Эти пулы принципиально отличаются условиями формирования, устойчивостью и особенностями функционирования (Lavallee et al., 2020). Предполагается, что POM характеризует почвенную секвестрацию углерода, а MAOM – депонирование углерода в почве, направленное на предотвращение его быстрого возвращения в атмосферу. К процессным пулам, характеризующим эмиссионную функцию почв, относят потенциально-минерализуемое органическое вещество и углерод микробной биомассы. При восстановлении почв в процессе сукцессии пулы органического вещества почв ведут себя по-разному, поэтому имеет смысл исследовать их динамику отдельно. В ряде работ показано, что наиболее чувствительными индикаторами изменений состава органического вещества почв является содержание лабильных пулов (Мамонтов и др., 2008; Когут, 2003; Семенов и др., 2006). Наибольшее накопление углерода лабильных пулов органического вещества связано с поступлением свежего растительного опада, который стимулирует активные микробиологические процессы (Овсепян, 2018; Артемьева и др., 2013).

Для понимания механизмов динамики углеродного баланса экосистемы в ходе постагрогенного восстановления естественной растительности, а также потенциала секвестрации и депонирования углерода, необходимо комплексное изучение динамики всех углеродсодержащих компонентов экосистемы – растительности, наземного детрита, а также разных пулов органического вещества почв. Цель настоящей работы – оценить динамику основных пулов углерода экосистем при естественном постагрогенном восстановлении растительности на примере хронорядов, характеризующих зарастание земель разных типов сельскохозяйственного использования.



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в Костромской области на территории Парфеньевского и Мантуровского районов, для которых характерны факторы почвообразования, типичные для южной тайги. Естественная растительность на плакорах представлена еловыми травяно-кустарничковыми лесами (Огуреева, 1991). Территория относится к северо-восточной подобласти атлантико-континентальной лесной области. Среднегодовая температура воздуха – 2,1°C, среднегодовое количество осадков – 564 мм. Почвообразующие породы представлены моренными и флювиогляциальными отложениями (Болысов, Фузеина, 2001). Объектами исследования выбраны хроноряды, характеризующие зарастание земель разных типов хозяйственного использования (табл. 1).

Таблица 1

## Характеристика изучаемых хронорядов

Стадия сукцессии, возраст	Координаты	Растительность	Почва*
1	2	3	4
Парфеньевский район, зарастающая пашня			
Пашня	N 58°40'33,7" E 43°18'35,4"	Посевы овса ( <i>Avena sativa</i> )	Агродерново-подзолистая глееватая среднепахотная легкосуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Stagnic, Loamic, Ochric) (P-BELg-BTg-BTCg)
Залежь 7–11 лет	N 58°40'38,1" E 43°18'36,0"	Луг с преобладанием мятлика лугового ( <i>Poa pretense</i> ) и ромашника непахучего ( <i>Tripleurospermum inodorum</i> ), с редким подростом сосны ( <i>Pinus sylvestris</i> )	Агродерново-подзолистая реградирующая глееватая среднепахотная легкосуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Stagnic, Loamic, Ochric) (Pw-BELg-BTg-BTCg)
Залежь 20–24 лет	N 58°40'23,5" E 43°18'16,3"	Подрост сосны, березы ( <i>Betula pendula</i> ) и ивы козьей ( <i>Salix caprea</i> ), в травостое преобладают мятлики луговой и зверобой продырявленный ( <i>Hypericum perforatum</i> )	Дерново-подзолистая постагрогенная глееватая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Stagnic, Loamic, Ochric) (Pw-AELg-BELg-BTg)
Лес вторичный 40–50 лет	N 58°40'24,1" E 43°18'22,4"	Елово-сосновый ( <i>Picea abies</i> – <i>Pinus sylvestris</i> ) лес с преобладанием в напочвенном покрове Иван-чая узколистного ( <i>Chamaenerion angustifolium</i> ) и земляники лесной ( <i>Fragaria vesca</i> )	Дерново-подзолистая постагрогенная глееватая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Stagnic, Loamic, Ochric) (AYpa-AELg-BELg-BTg)
Лес 80–100 лет	N 58°40'40,9" E 43°18'24,0"	Сосново-еловый ( <i>Pinus sylvestris</i> - <i>Picea abies</i> ) лес с преобладанием в напочвенном покрове марьянника лесного ( <i>Melampyrum sylvaticum</i> ) и грушанки круглолистной ( <i>Pyrola rotundifolia</i> )	Дерново-подзолистая постагрогенная глееватая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Stagnic, Loamic, Ochric) (AYpa-ELg-BELg-BTg-BTCg)
Мантуровский район, зарастающая пашня			
Пашня	N 58°10'55,0" E 44°28'27,8"	Посевы овса	Агродерново-подзол литобарьерный среднепахотный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endolloamic, Raptic, Ochric) (P-AE-BE-B-BC)
Залежь 7–9 лет	58°10'52,7" 44°28'23,1"	Луг с преобладанием овсяницы красной ( <i>Festuca rubra</i> ), ежи сборной ( <i>Dactylis glomerata</i> ) и ястребинки зонтичной ( <i>Hieracium umbellatum</i> )	Агродерново-подзол реградируемый литобарьерный среднепахотный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endolloamic, Raptic, Ochric) (AYpa-AE-BE-B)

1	2	3	4
Залежь 12–15 лет	58°10'52,8" 44°28'21,0"	Молодой древостой из ивы козьей с преобладанием в травостое овсяницы красной ( <i>Festuca rubra</i> ), ситника нитевидного ( <i>Juncus filiformis</i> ) и грушанки круглолистной	Агродерново-подзол реградируемый литобарьерный среднепахотный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endoloamic, Raptic, Ochric) (AYpa-AE-BEg-Bg)
Лес вторичный 45 лет	58°10'54,0" 44°28'21,6"	Осиново-березовый ( <i>Populus tremula</i> – <i>Betula pendula</i> ) лес, в напочвенном покрове черника ( <i>Vaccinium myrtillus</i> )	Дерново-подзол постагрогенный литобарьерный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endoloamic, Raptic, Ochric) (O-AYpa-AE-BE-B)
Лес 100 лет	58°10'56,1" 44°28'29,0"	Лес березово-еловый ( <i>Betula pendula</i> – <i>Picea abies</i> ) мохово-черничный	Подзол грубогумусированный литобарьерный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endoloamic, Raptic) (O-AH-AE-E-BE-B)
Мантуровский район, зарастающий сенокос			
Луг, не косимый 2- 3 года	58°12'02,79" 44°25'31,02"	Луг с преобладанием зверобоя продырявленного и Иван-чая	Агродерново-подзолистая реградируемая среднепахотная легкосуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Loamic, Ochric) (AYpa-EL-BEL-BT)
Луг, не косимый 13 лет	58°12'07,47" 44°25'37,62"	Смешанный древостой с преобладанием березы, в травяном ярусе доминируют ястребинка зонтичная и манжетка обыкновенная ( <i>Alchemilla sp.</i> )	Агродерново-подзолистая реградируемая среднепахотная легкосуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Loamic, Ochric) (AYpa-EL-BEL-BT)
Лес вторичный 20-22 лет	58°12'08,30" 44°25'34,48"	Ивово-березовый ( <i>Salix caprea</i> – <i>Betula pendula</i> ) лес, в напочвенном покрове папоротники и щучка дернистая ( <i>Deschampsia caespitosa</i> )	Дерново-подзолистая постагрогенная легкосуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Loamic, Ochric) (AYpa-EL-BEL-BT)
Лес 95 лет	58°12'01,14" 44°25'36,3"	Березово-еловый ( <i>Betula pendula</i> – <i>Picea abies</i> ) лес, в напочвенном покрове грушанка круглолистная и костяника ( <i>Rubus saxatilis</i> )	Дерново-подзолистая легкосуглинистая на покровных суглинках, подстилаемых мореной / Albic Retisol (Loamic, Ochric) (AYpa-EL-BEL-BT)
Мантуровский район, зарастающий огород			
огород	58°10'38,18" 44°28'38,74"	Посадки – тыква ( <i>Cucurbita pepo</i> ), лук ( <i>Allium sativum</i> )	Агрозем альфегумусовый среднепахотный супесчаный на ледниковых отложениях / Plaggic Podzol (Anoarenic, Endoloamic, Raptic, Humic) (P-AE-B)
Залежь 4 года	58°10'38,88" 44°28'34,06"	Заросли крапивы двудомной ( <i>Urtica dioica</i> )	Агрозем альфегумусовый среднепахотный реградируемый супесчаный на ледниковых отложениях / Plaggic Podzol (Anoarenic, Endoloamic, Raptic, Humic) (AYpa-AE-B)
Залежь 10 лет	58°10'38,69" 44°28'33,66"	Заросли крапивы двудомной и малины ( <i>Rubus idaeus</i> )	Агрозем альфегумусовый среднепахотный реградируемый супесчаный на ледниковых отложениях / Plaggic Podzol (Anoarenic, Endoloamic, Raptic, Humic) (AYpa-AE-B)
Залежь 20 лет	58°10'36,10" 44°28'38,53"	Травяное сообщество с преобладанием костра безостого ( <i>Bromopsis inermis</i> ) и бодяка полевого ( <i>Cirsium arvense</i> )	Агрозем альфегумусовый среднепахотный реградируемый супесчаный на ледниковых отложениях / Plaggic Albic Podzol (Anoarenic, Endoloamic, Raptic, Humic) (AYpa-AE-B)

1	2	3	4
Залежь 35 лет	58°10'38,10" 44°28'33,71"	Травяное сообщество с преобладанием сныти обыкновенной ( <i>Aegopodium podagraria</i> ), бодяка полевого и крапивы двудомной	Агрозем альфегумусовый среднепахотный реградированный супесчаный на ледниковых отложениях / Plaggic Podzol (Anoarenic, Endolloamic, Raptic, Humic) (AYpa-AE-B)
Мантуровский район, зарастающий выгон-сенокос			
Выгон-сенокос	58°10'31,59" 44°28'33,34"	Луг косимый с преобладанием одуванчика лекарственного ( <i>Taraxacum officinale</i> ) и ежи сборной ( <i>Dactylis glomerata</i> )	Агродерново-подзол реградированный литобарьерный среднепахотный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endolloamic, Raptic, Ochric) (AYpa(0-30) - EBF(30-46) -BF(46-90))
Залежь 10 лет	58°10'29,37" 44°28'33,64"	Луг с преобладанием ежи сборной и тысячелистника обыкновенного ( <i>Achillea millefolium</i> ). Отдельные яблони ( <i>Malus domestica</i> ) и рябины ( <i>Sorbus aucuparia</i> ) высотой до 2 м	Агродерново-подзол реградированный литобарьерный среднепахотный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endolloamic, Raptic, Ochric) (AYpa(0-30)- EBF(30-50)-BF(50-90))
Вторичный лес 25 лет	58°10'30,88" 44°28'27,05"	Березняк сомкнутость крон 0,4, в травостое преобладают подмаренник мягкий ( <i>Gallium mollugo</i> ) и овсяница красная	Дерново-подзол постагрогенный литобарьерный супесчаный на ледниковых отложениях / Retic Albic Podzol (Anoarenic, Endolloamic, Raptic, Ochric) (O(0-2)-AYpa(2-30) - BF (30-80)-BC(80-100))

Примечание.

\* – названия почв даны в соответствии с классификацией почв России (Классификация ..., 2004) и классификацией IUSS Working Group WRB (2014).

**Парфеньевский район.** Изучаемый хроноряд расположен на выровненном водоразделе р. Соег (бассейн р. Нея). Почвообразующими породами являются покровные суглинки, подстилаемые мореной. Все пробные площадки размером 20×20 м были заложены на водоразделе на расстоянии 100–250 м друг от друга. Хроноряд характеризует следующие стадии: 1 – пашню (посев овса), 2 – разнотравно-злаковый луг (залежь 7–11 лет), 3 – молодой лес с густым травяным покровом (залежь около 20 лет), 4 – лес 45–50 лет и 5 – вторичный ельник (около 100 лет).

**Мантуровский район.** Один из хронорядов, представляющий собой зарастающую пашню, расположен в 1–2 км от русла р. Унжи. Почвообразующие породы – озерно-ледниковые пески, подстилаемые на разной глубине (70–80 см) тяжелыми глинами. Стадии зарастания: 1 – пашня, 2 – залежь 7–9 лет, 3 – залежь 12–15 лет, на которой сформирован молодой древостой из ивы козьей, 4 – мелколиственный вторичный лес 45 лет, 5 – берёзово-еловый лес 100 лет. Выбранные площадки площадью 20 х 20 м расположены не более чем в 100 м друг от друга и соответствуют одному элементу мезорельефа – приводораздельному склону.

Примерно в 500 м от зарастающей пашни в деревне Выползово расположен частный огород, разные участки которого прекратили использовать от 4 до 35 лет назад. Это один из вариантов демулационной сукцессии, так как почва огорода, в отличие от пашни, много лет подвергалась внесению навоза (около 20 т/га) и золы (около 5 т/га). Стадии зарастания представлены действующим огородом (0-стадия) и огородами, заброшенными 4, 10, 20 и 35 лет назад.

Следующий хроноряд находится также в деревне Выползово и представляет собой зарастающий сенокос, отличающийся многоэтапной историей сельскохозяйственного освоения. Ранее (начало 20 в.) распаханная территория в течение нескольких десятилетий до начала 90-х годов была колхозным выгоном для крупного рогатого скота, а с 1991 г. используется исключительно как сенокос, площадь которого из года в год сокращается. Зоны зарастания: 1) действующий сенокос; 2) луг, не косимый 10 лет; 3) вторичный березняк примерно 25 лет, образованный на месте луга. Разные зоны зарастания расположены менее чем в 50–100 м друг от друга.

Фоновым (контрольным) участком для двух последних хронорядов, как и для зарастающей пашни, является 100-летний березово-еловый лес, на месте которого, по меньшей мере, 120 лет не было распашки, кошени и выпаса.

Ещё один хроноряд расположен в 7 км от русла р. Унжи (в пределах водораздельного пространства) и представляет собой зарастающий сенокосный луг, на котором, в отличие от

предыдущего хроноряд, никогда не проводили выпас скота. Почвообразующие породы – опесчаненные покровные суглинки, подстилаемые среднетяжёлыми моренными суглинками на глубине 30–35 см. Эта территория в 70–80-х годах использовалась несколько лет как пашня, далее – как сенокос. В начале 90-х годов площадь сенокоса стали сокращать, в результате неиспользуемая территория стала зарастать лесом. Стадии зарастания: 1 – луг, не косившийся 2–3 года, 2 – луг, зарастающий древостоем, не косившийся около 13 лет, 3 – мелколиственный вторичный лес 20–22 лет, 4 – лес 95 лет. Заложенные площадки расположены менее чем в 100-150 м друг от друга. Характеристика изучаемых рядов представлена в таблице 1.

Названия почв даны в соответствии с классификацией почв России (Классификация ..., 2004) и классификацией IUSS Working Group WRB (2014).

На участках, соответствующих всем стадиям зарастания, проводили геоботанические описания на площади 20×20 м. Биомассу древостоя и его фракций (корни, стволы, ветви, ассимилирующая часть) рассчитывали аллометрически (Замолодчиков и др., 2005; Уткин и др., 1996) исходя из высоты, диаметра и видовой принадлежности каждого дерева.

Наземную биомассу (с пересчетом на абсолютно сухую, высушено при 90°C) живого напочвенного покрова определяли методом укусов (повторность пятикратная, площадь отбора 50×50 см), подземную (также с пересчетом на абсолютно сухую) – методом монолитов на глубине 0–30 см с площади 10×10 см (повторность пятикратная). Пересчет запасов фитомассы в запасы углерода осуществляли с использованием литературных данных (Пристова, 2022). Лесную подстилку отбирали в девятикратной повторности с площадок 25×25 см с помощью рамки.

Пересчет запасов подстилки на запасы углерода осуществляли с помощью коэффициентов (Щепаченко и др., 2013).

На каждой стадии сукцессии, помимо почвенного разреза, для отбора образцов закладывали прикопки в пятикратной повторности, вскрывающие старопахотную толщу глубиной 30 см. Общий органический углерод ( $C_{орг}$ ) почвы определяли методом Тюрина (Аринушкина, 1970). Для оценки структурных (свободного (РОМ) и связанного с минералами (МАОМ)) пулов органического вещества почв использовали результаты гранулоденсиметрического фракционирования почв хроноряд зарастающей пашни в Парфеньевском районе, опубликованные в статье А.А. Ероховой с соавторами (Ерохова и др., 2014). Они получены в соответствии с методикой, изложенной в работе Е.Г. Моргуна и М.И. Макарова (Моргун, Макаров, 2011), позволяющей выделять в малоизмененном состоянии разные фракции органического вещества почв по размеру частиц и плотности. Запасы почвенного органического углерода определяли по формуле:

$$C \text{ (кг C/m}^2\text{)} = C_{орг} \times h \times \rho \times 0,1$$

где  $C_{орг}$  – содержание общего органического углерода в почве, %;  $h$  – мощность слоя, для которого определяется запас, см;  $\rho$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

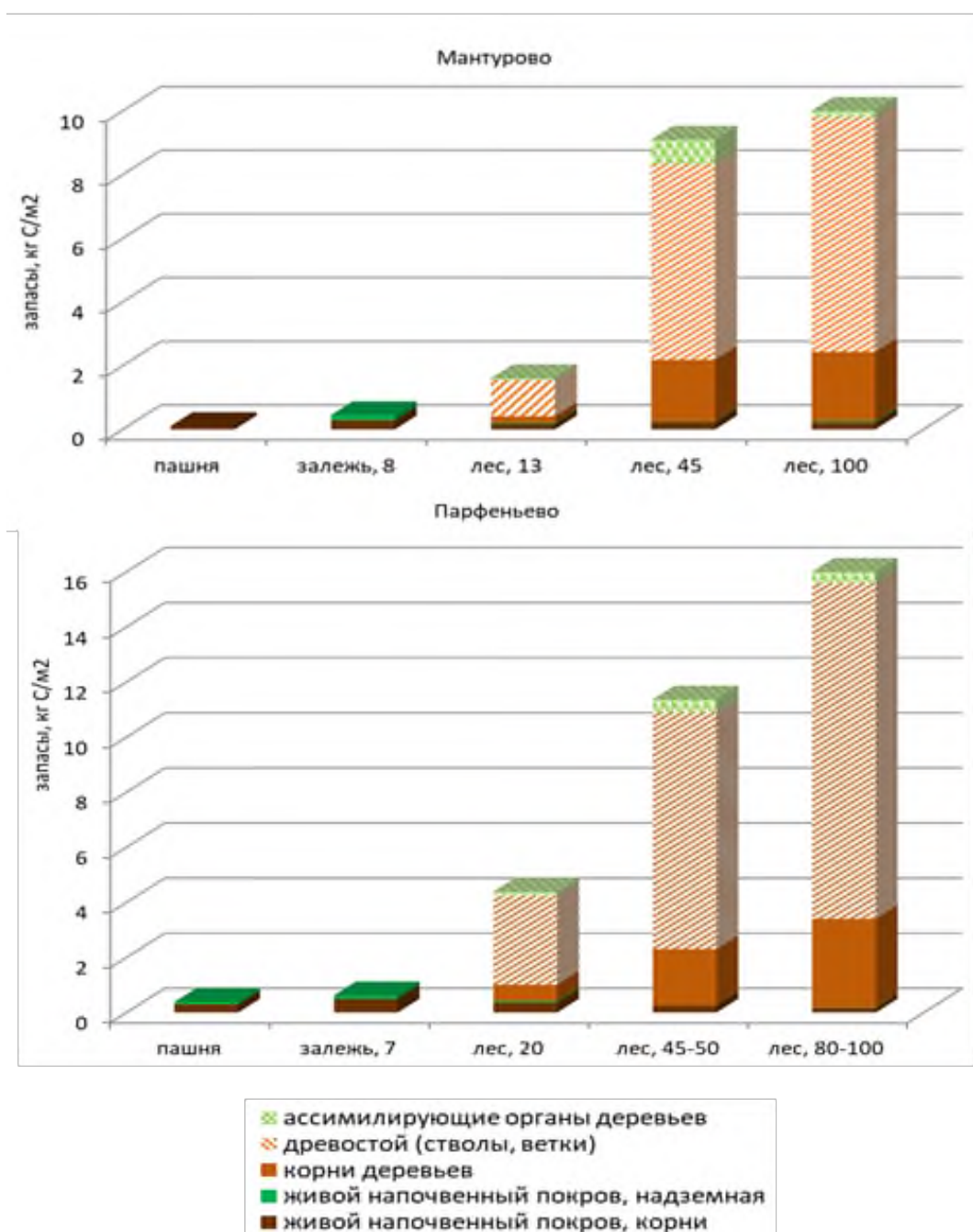
Содержание углерода микробной биомассы определяли методом субстрат-индуцированного дыхания (Anderson, Domsch, 1978) в почвенных образцах после внесения 1 мл раствора глюкозы из расчета 10 мг глюкозы на 1 г почвы и рассчитывали по формуле:

$$C_{mic} = 40,04 \times VSIR + 0,37$$

где VSIR – субстрат-индуцированное дыхание, мкл CO<sub>2</sub>/(г почвы в час).

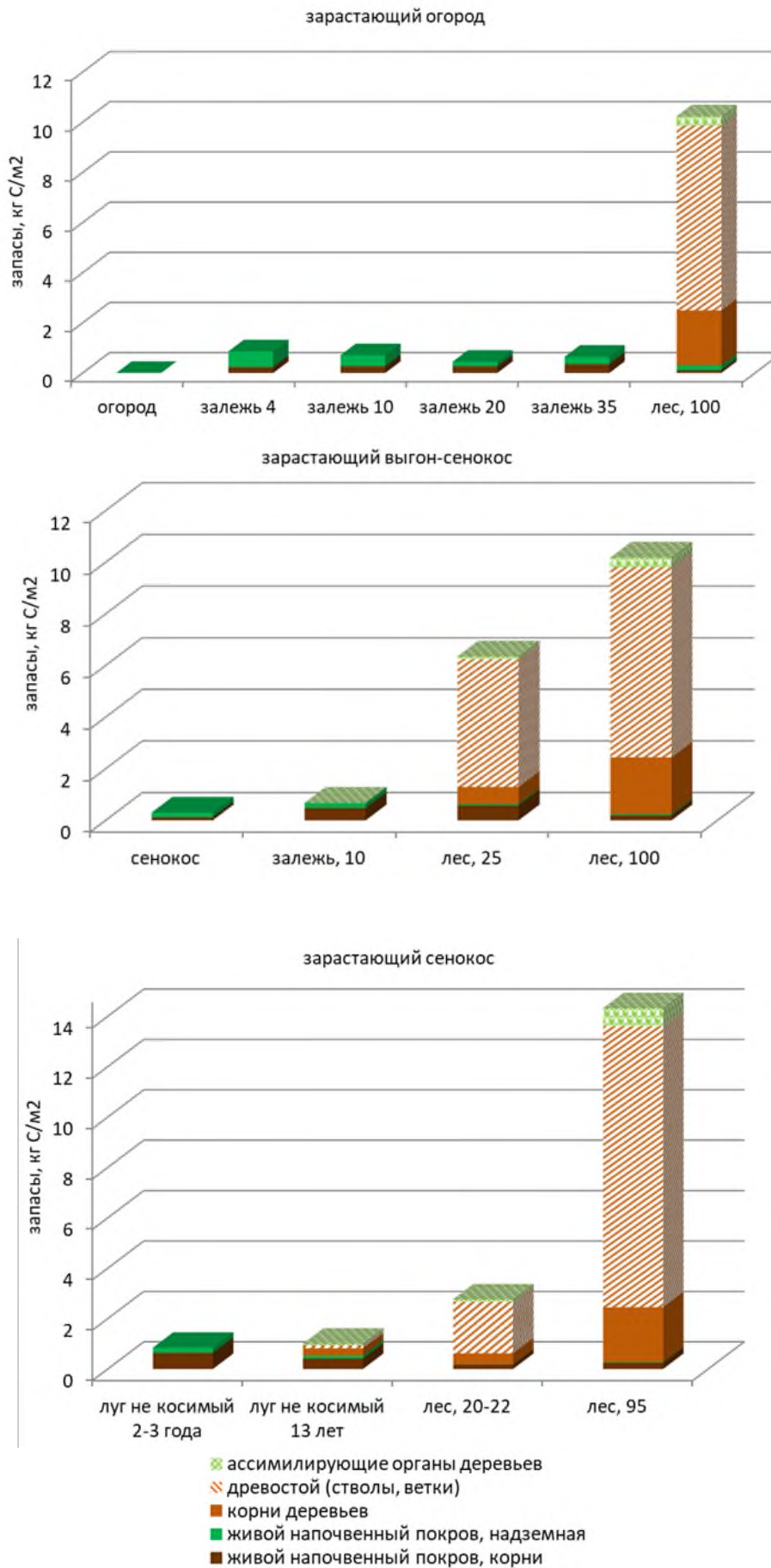
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изученные хроноряды различаются скоростью возобновления древесной растительности и ее составом, которые зависят от комплекса факторов, таких как гранулометрический состав почв, история сельскохозяйственного освоения, обогащенность почв элементами питания и, в значительной мере, удаленность от источника семян деревьев (Люри и др., 2010; Морозов, Николаева, 2013). Сразу после прекращения распашки или кошения и в течение первых лет изученные залежи по пашне и сенокосам представляют собой луговые сообщества, через 7–8 лет появляются единичные всходы деревьев. Массовое возобновление древостоя для обеих зарастающих пашен выявлено через 13–20 лет после прекращения распашки. К 40–50 годам биомасса древостоя и, как следствие, запасы аккумулированного в нем углерода, увеличиваются в 3–5 раз, главным образом, за счёт наземной многолетней биомассы, а именно стволов и ветвей (рис. 1).



**Рисунок 1.** Запасы углерода фракций фитомассы при зарастании пашни лесом.

При зарастании луга, где сенокос не сопряжён с выпасом (рис. 2), наблюдается в целом та же тенденция, однако на стадии 13-летней залежи запасы углерода древостоя почти в 10 раз меньше, чем на аналогичной стадии зарастания пашни (соответственно 0,45 и 3,9 кг/м<sup>2</sup>), при том что состав пород многообразнее (ель, сосна, берёза, осина, серая ольха) – возможно, имеет значение быстрый рост ивы козьей, соответствующей ранней стадии сукцессии на пашне. На сенокосно-пастбищном лугу (см. рис. 2) возобновление древостоя отличается – на залежи 10 лет встречаются отдельные низкорослые (не более 1,5 м) деревья и кустарники, не типичные для постагрогенной сукцессии – яблоня, рябина, шиповник.



**Рисунок 2.** Изменение запасов углерода фракций фитомассы при естественном восстановлении экосистем на огороде и сенокосах Мантуровского района.

Только на 25-летней залежи произрастает сомкнутый берёзовый лес, запасы углерода в древостое которого ( $5,7 \text{ кг/м}^2$ ) превышают в 1,5–2 раза аналогичный показатель для вторичного леса того же возраста, относящегося к зарастающей пашне (Парфеньевский) и зарастающему сенокосу (Мантуровский). Что касается огорода (см. рис. 2), то через 35 лет после прекращения его использования возобновления деревьев и кустарников все ещё нет. Выявлены определенные различия в постагрогенной динамике запасов углерода, содержащихся в надземной и подземной частях живого напочвенного покрова. Максимальная биомасса и, соответственно, запасы углерода в надземной части живого напочвенного покрова, представленного травостоем, выявлены для зарастающего огорода в течение всех наблюдаемых стадий сукцессии (от 4 до 35 лет). При этом в течение сукцессии уменьшения запасов углерода в травостое не наблюдалось – через 20 лет после вывода из использования он составляет  $0,2\text{--}0,3 \text{ кг/м}^2$ , что соответствует начальным стадиям зарастания (до 10 лет) в других постагрогенных хронорядках. На зарастающих пашнях и сенокосах в первые 2–8 лет запас углерода, аккумулируемый биомассой травостоя, составляет  $0,1\text{--}0,2 \text{ кг/м}^2$ , затем к 13–20 годам снижается на порядок. Что касается подземной биомассы травяного (травяно-кустарничкового) яруса, какого-либо тренда в течение постагрогенной сукцессии для изученных хронорядов нет. В целом в течение естественного постагрогенного восстановления растительности для пашен и сенокосов выявлено увеличение запасов углерода в экосистеме за счёт роста фитомассы (главным образом, многолетних частей древостоя), доля запаса углерода которой от общего пула углерода экосистемы составляет от 0–10% в начале сукцессии до 65–78% через 40–50 лет после прекращения сельскохозяйственного использования. В ненарушенных субклимаксных лесных сообществах доля углерода, аккумулируемого биомассой, составляет 70–75%. Это не относится к зарастающему частному огороду, где в течение как минимум 35 лет при отсутствии возобновления деревьев основной пул углерода по-прежнему сосредоточен в минеральной части почвенного профиля (см. рис. 2). В зависимости от типа предыдущего сельскохозяйственного использования гумусовые горизонты почв могут существенно различаться по свойствам. Почва в пахотном слое характеризуется низким содержанием  $C_{\text{орг}}$  ( $0,83\text{--}1,05\%$ ). Содержание углерода в верхнем минеральном горизонте почвы сенокоса без дополнительного внесения удобрений составило 2,25%. На выгоне-сенокосе, где происходило естественное обогащение навозом, содержание  $C_{\text{орг}}$  в почве увеличивается до 3,97%, а на удобряемом огороде до 4,89%. Так как динамика содержания углерода при естественном зарастании лесом зависит от их состояния в начальный момент, она различается в изучаемых хронорядках.

В процессе восстановления леса на пашне, содержание углерода в верхнем минеральном слое почв мощностью 10 см возрастает при переходе от пашни к лесу (80–100 лет) в 4 раза. При зарастании сенокоса содержание углерода в верхнем минеральном слое почв сначала снижается, но начиная со стадии вторичного молодого леса (20–22 года) вновь возрастает и в почве 95-летнего леса оно достигает такой же величины, что и в почве сенокоса. На выгоне в содержании углерода в верхнем слое почвы отмечается снижение на 40% и возврат к исходной величине в контрольном лесу. Динамика содержания органического углерода в верхнем слое почвы зарастающего огорода характеризуется его медленным уменьшением. На 35-летней залежи содержание углерода составляет 84% от исходного значения.

Плотность почвы в старопашотной толще также изменяется по мере сукцессии. Наиболее четкий тренд уменьшения плотности был выявлен ранее для почв зарастающей пашни, образованных на лёгких отложениях (Телеснина и др., 2016). После непродолжительного повышения плотности на ранних стадиях сукцессии (от  $1,06$  до  $1,15 \text{ г/см}^3$ ) наблюдается снижение до  $0,89 \text{ г/см}^3$ , что соответствует появлению сомкнутого древостоя.

На изменения запасов углерода в профиле почв в ходе естественного восстановления леса на землях, выведенных из сельскохозяйственного оборота, кроме изменений в его содержании влияют изменения морфологии и плотности почв. Поэтому важно изучать не только динамику содержания органического углерода, но и его запасов. Динамика запасов органического углерода в верхнем минеральном слое почвы мощностью 30 см определяется типом предыдущего использования земель (табл. 2). При зарастании пашни запасы углерода в верхнем минеральном слое почв мощностью 30 см увеличиваются в изучаемых рядах от  $2,0\text{--}2,6$  до  $3,0\text{--}5,0 \text{ кг С/м}^2$ , после чего снова происходит некоторое снижение при формировании хвойного древостоя. При восстановлении леса на землях сенокоса они слабо снижаются от  $5,2$  до  $4,8 \text{ кг С/м}^2$  и значительно (в 3,9 раза) на выгоне. При зарастании почв огорода за 35 лет запасы углерода практически не изменились и составляют  $11,6 \text{ кг С/м}^2$ .

Таблица 2

Динамика запасов органического углерода в старопашотной толще в ходе постагрогенной сукцессии

Хроноряд	Стадия сукцессии	Запасы органического углерода, кг С/м <sup>2</sup> в слое 0–30 см (среднее ± ошибка среднего)
Парфеньевский район		
Зарастающая пашня	Действующая пашня	2,0 ± 0,03
	Залежь 7 лет	2,8 ± 0,10
	Залежь 20 лет	3,3 ± 0,08
	Лес 40-50 лет	3,0 ± 0,10
	Лес 80-100 лет	2,2 ± 0,13
Мантуровский район		
Зарастающая пашня	Действующая пашня	2,6 ± 0,07
	Залежь 8 лет	3,1 ± 0,05
	Залежь 13 лет	4,2 ± 0,05
	Лес 45 лет	5,0 ± 0,24
	Лес 100 лет	3,3 ± 0,20
Зарастающий огород	Действующий огород	11,3 ± 0,25
	Залежь 4 года	11,2 ± 0,70
	Залежь 10 лет	9,9 ± 1,20
	Залежь 20 лет	10,0 ± 1,20
	Залежь 35 лет	11,6 ± 0,90
	Лес 100 лет	3,3 ± 0,20
Зарастающий сенокос	Луг, не косимый 2-3 года	5,2 ± 0,62
	Луг, не косимый 13 лет	3,4 ± 0,68
	Лес 20-22 года	4,1 ± 0,36
	Лес 95 лет	4,8 ± 0,38
Зарастающий сенокос (в прошлом выгон)	Действующий сенокос	12,9 ± 0,9
	Залежь 10 лет	9,9 ± 1,2
	Лес 25 лет	6,2 ± 0,2
	Лес 100 лет	3,3 ± 0,2

Особый интерес вызывают изменения в структуре запасов углерода постагрогенных экосистем, которые характеризуют диаграммы, представленные на рисунках 3 и 4. Во всех хронорядах при переходе от агроэкосистем к лесным экосистемам 80–100-летнего возраста уменьшается доля почвенного углерода и возрастает доля углерода фитомассы, хотя хроноряды различаются по динамике этого соотношения.

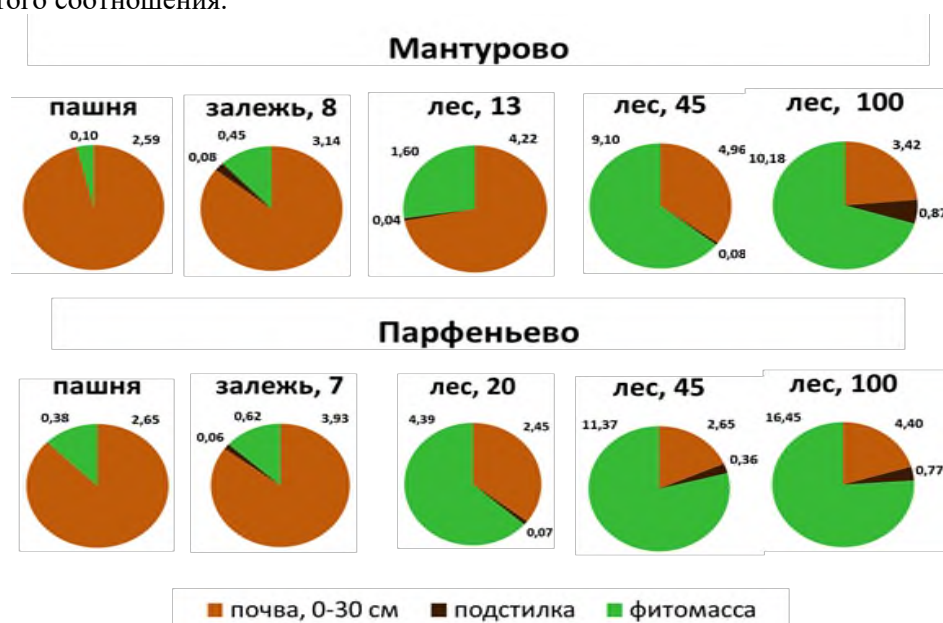
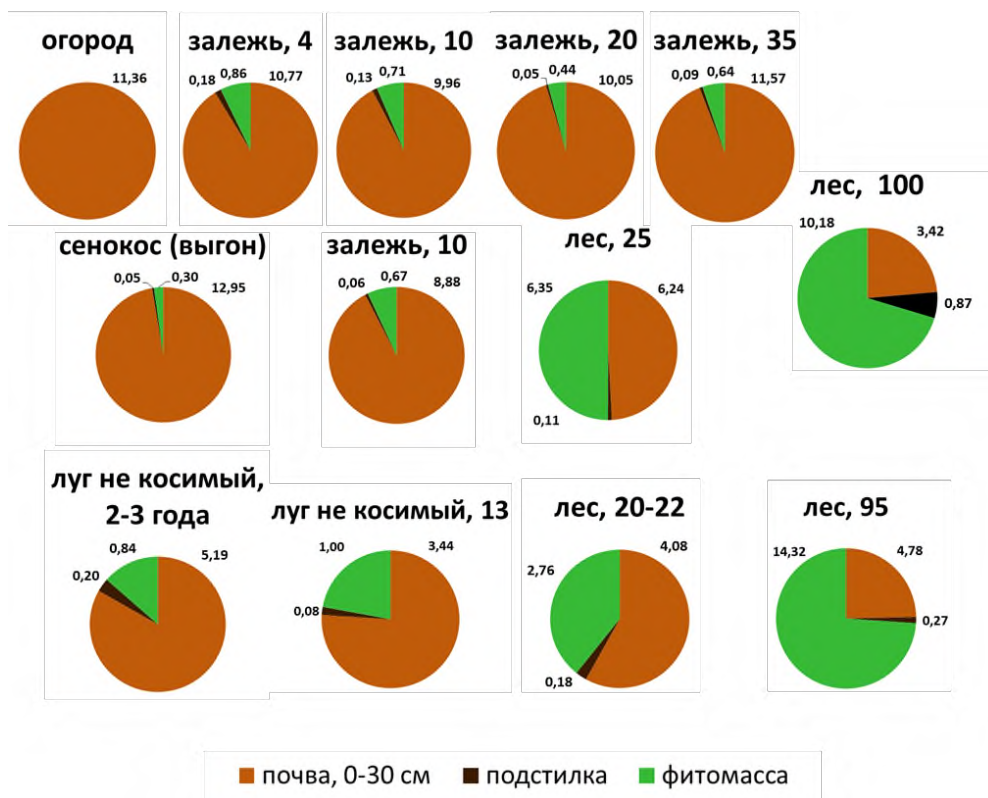


Рисунок 3. Структура запасов углерода (кг/м<sup>2</sup>) в постагрогенных экосистемах южной тайги при зарастании пашни лесом.

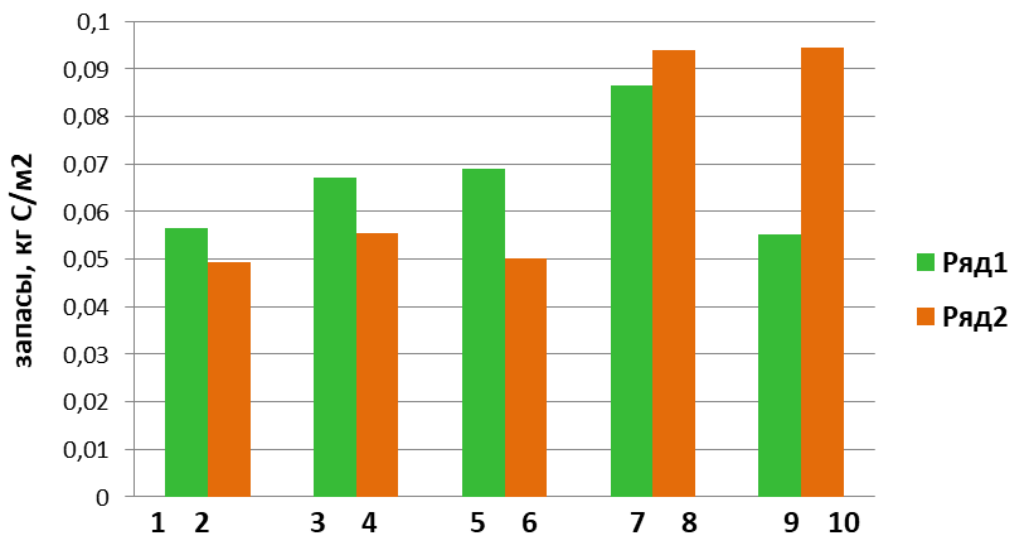




**Рисунок 4.** Структура запасов углерода ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) в постагрогенных экосистемах южной тайги в ходе естественного восстановления леса на огороде и сенокосах (Мантуровский район).

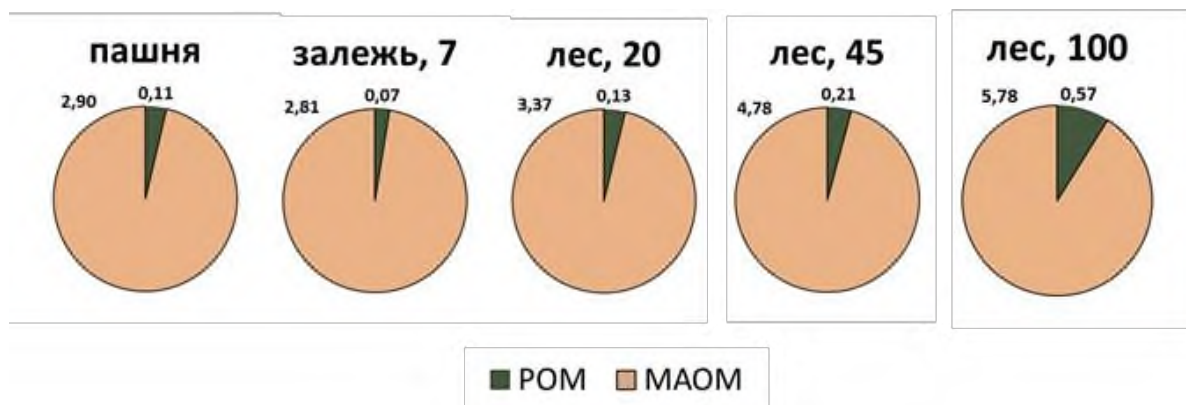
Полученные результаты позволяют проследить за динамикой функционального и структурных пулов органического вещества почв в ходе зарастания пашни лесом.

К функциональным пулам относится пул микробной биомассы. В динамике запасов углерода микробной биомассы в почвах хроноряда, соответствующего зарастающей пашне на территории Мантуровского района, отмечается максимум на стадии леса 45 лет. В почвах хроноряда на территории Парфеньевского района запасы микробной биомассы тоже увеличиваются на стадии леса 45 лет, но в отличие от первого хроноряда они не снижаются в почвах 80–100 летнего леса (рис. 5).



**Рисунок 5.** Запасы углерода микробной биомассы в 0–30 см слое почвы при зарастании пашни лесом. Условные обозначения: Ряд 1 – Мантуровский район: 1 – пашня, 3 – залежь 8 лет, 5 – залежь 13 лет, 7 – лес вторичный 45 лет, 9 – лес 100 лет. Ряд 2 – Парфеньевский район: 2 – пашня, 4 – залежь 7 лет, 6 – залежь 20 лет, 8 – лес вторичный 45 лет, 10 – лес 100 лет.

Для оценки запасов структурных пулов органического вещества почв хроноряда зарастающей лесом пашни (Парфеньевский район) были использованы результаты гранулоденсиметрического фракционирования органического вещества этих почв (Ерохова и др., 2014). Пул РОМ, представленный твердыми органическими частицами размером 1–0,053 мм, характеризует свободное органическое вещество, локализованное в межагрегатном поровом пространстве почвы. Пул МАОМ представляет защищенное от микробного разложения органическое вещество в результате органо-минеральных взаимодействий. Полученные данные свидетельствуют об увеличении доли свободного органического вещества при переходе от пашни к лесным экосистемам (рис. 6).



**Рисунок 6.** Структура запасов углерода (кг/м<sup>2</sup>) в 0–30 см слое почвы при зарастании пашни лесом. РОМ – Particulate Organic Matter (свободное органическое вещество). МАОМ – Mineral-Associated Organic Matter (защищенное органическое вещество).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Для обоих хронорядов, представляющих собой зарастающие пашни, получены сходные в целом результаты по динамике пулов углерода, аккумулируемого растительностью. После 20 лет доля углерода фитомассы составляет более 50% от общего пула углерода экосистемы, поскольку восстановление древостоя происходит достаточно быстро – берёза, наличествующая на ранних и средних стадиях сукцессии, характеризуется чрезвычайно быстрым ростом и, как следствие, аккумуляцией углерода (Гульбе, 2006). Пахотные почвы в последнее время практически не подвергались мероприятиям по окультуриванию, в частности внесению органических удобрений, в результате чего, вероятно, и стадия бурного развития сорно-рудерального высокотравья, тормозящая возобновление древостоя, здесь отсутствует. Для хроноряда, развитого на тяжёлых почвах, выявлен более отчётливый тренд роста запасов углерода фитомассы. По-видимому, на относительно богатых почвах возобновляется более продуктивный и разнообразный по видовому составу древостой.

Возобновление древесной растительности по сенокосу и, как следствие, динамика запасов аккумулируемого в её составе углерода, существенно не отличается от возобновления по пашне – здесь различия больше наблюдаются применительно к биомассе и составу травостоя и их динамике, что может быть связано с особенностями гранулометрического состава почв, от которого зависит число ранних стадий сукцессии (Сушков, 1974). В то же время при зарастании выгона-сенокоса, наблюдается несколько иная картина: поскольку в почву по ходу выпаса скота в течение долгого времени поступало органическое вещество с навозом, это способствовало росту высокопродуктивного травостоя. После прекращения сенокосения злаки уступают место другим видам, требовательным к обогащённости почвы азотом, в том числе и высокопродуктивным (борщевик сибирский, бодяк полевой, купырь лесной). Это, в свою очередь, создает не самые благоприятные условия для быстрого восстановления древесной растительности, поскольку высокотравье может затормаживать лесовосстановительную сукцессию (Люри и др., 2010).

Наконец, отсутствие накопления углерода древесной и кустарниковой многолетней растительностью при зарастании частного огорода связано именно с блокировкой сукцессии высокотравными нитрофильными травянистыми растениями (крапива двудомная, лопух большой, дудник лесной, борщевик сибирский), которые доминируют в травостое в течение многих лет по причине сильной обогащённости почвы азотом и зольными элементами. Баланс органического вещества в почве, в свою очередь, в течение долгого времени поддерживается нитрофильным высокотравьем с высокой продуктивностью.

Таким образом, скорость возобновления древостоя в течение постагрогенной сукцессии и, как следствие, секвестирование углерода многолетними частями древостоя, определяется типом сельскохозяйственного использования, а именно внесением дополнительных органических веществ – целенаправленного удобрения навозом или его поступления в процессе выпаса скота.

Полученные данные наглядно иллюстрируют, что при восстановлении естественной растительности во всех изученных рядах со временем происходит увеличение запасов органического вещества в экосистеме и уменьшение доли почвенного углерода, которая в лесных экосистемах 95–100 лет составляет не более 25%. Наибольшие различия в соотношении пулов углерода приходятся на возраст 13–25 лет, когда на почвах с низкими запасами  $C_{org}$  уже происходит смыкание крон молодых деревьев, а на почвах с высокими запасами органического вещества и элементов питания (как правило, земли огородов и бывших поселений) эта стадия может ещё и не начинаться. Для Костромской области, где проблема покинутых деревень достаточно актуальна, даже через 40–50 лет можно увидеть среди леса островки высокотравья, выросшего на землях заброшенных поселений; однако площадь таких участков, безусловно, не велика. Доля почвенного углерода в залежах 13–25 лет может меняться от 95% при зарастании огородов до 35% при зарастании пашни. В возрасте 45–50 лет в лесных сообществах, как правило, заканчивается изреживание древесного яруса, и они приобретают стабильную структуру. В почвах лёгкого и тяжёлого гранулометрического состава общие запасы органического углерода близки и составляют 14,46 и 14,38 кг/м<sup>2</sup>, соответственно. Таким образом, можно заключить, что запасы органического вещества при естественном лесовозобновлении на начальных стадиях зависят от степени сельскохозяйственного освоения; к возрасту 45–50 лет эти различия сглаживаются, исключая земли поселений и огородов, а к 95–100 годам имеют устойчивое соотношение пулов углерода.

Общие запасы углерода в экосистеме, включающие углерод почвы, подстилки и биомассы, возрастают в течение постагрогенной сукцессии по пашне и сенокосу в 4–7 раз при условии быстрого возобновления древостоя.

## ВЫВОДЫ

1. Скорость возобновления древесной растительности, накапливающей углерод в многолетних частях, зависит от вида использования угодья, а именно от внесения в почву дополнительного органического вещества. Интенсивное удобрение навозом в течение многих лет может задержать возобновление древостоя на несколько десятков лет по причине пролонгирования развития нитрофильного высокотравья.

2. В течение постагрогенной сукцессии по пашням и сенокосам общие запасы углерода в экосистеме увеличиваются в 4–7 раз за счёт возобновления древостоя. Доля почвенного углерода в общем запасе снижается с 70–100 до 25–30% в течение 40–50 лет. В ходе сукцессии по хорошо удобренным частным огородам доля почвенного углерода через 35 лет все ещё составляет более 80% от общего углерода экосистемы.

3. Направление изменения запасов почвенного органического углерода в старопашотной толще детерминирована градиентом данного показателем между начальной и конечной стадиями сукцессии, а также скоростью возобновления лесной растительности. При зарастании пахотных почв с низким содержанием органического вещества запасы углерода в старопашотной толще увеличиваются почти вдвое, тогда как при зарастании высокопродуктивных залежей по огороду, почвы которых обогащены органическим веществом, за 35 лет запасы углерода практически не меняются.

4. Запасы углерода микробной биомассы, а также доля углерода структурного пула POM (Particulate Organic Matter) в составе органического вещества почв увеличиваются по мере восстановления леса по пашне соответственно в 1,8 и 3 раза к стадии субклимаксного леса.

## ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121040800321-4 «Индикаторы трансформации биогеохимических циклов биогенных элементов в природных и антропогенных экосистемах»), а также в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

## ЛИТЕРАТУРА

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу. Москва: Издательство Моск. ун-та., 1970. 244 с.

- Артемьева З.С., Рыжова И.М., Силева Т.М., Ерохова А.А. Стабилизация органического углерода в микроагрегатах дерново-подзолистых почв в зависимости от характера землепользования // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2013. № 3. С. 19–26.
- Болысов С.И., Фузеина Ю.Н. Физико-географические условия Костромского Заволжья. Геолого-геоморфологическое устройство // Костромское Заволжье: природа и человек. Москва: ИПЭЭ РАН, 2001. С. 36–60.
- Владыченский А.С., Телеснина В.М., Румянцева К.А., Чалая Т.А. Органическое вещество и биологическая активность постагрогенных почв южной тайги (на примере Костромской области) // Почвоведение. 2013. № 5. С. 570–582. <https://doi.org/10.7868/S0032180X1305016X>
- Гульбе А.Я. Динамика фитомассы и годичной продукции молодняка березы на залежи в южнотаежной подзоне (Ярославская область) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 4S (54). С. 34–37.
- Ерохова А.А., Моргун Е.Г., Макаров М.И., Рыжова И.Н. Изменение состава органического вещества дерново-подзолистых почв в результате естественного восстановления леса на пашне // Почвоведение. 2014. № 11. С. 1308–1314. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14110045>
- Замолотчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Конверсионные коэффициенты фитомасса/запас в связи с дендрометрическими показателями и составом древостоев // Лесоведение. 2005. № 6. С. 73–81.
- Кечайкина И.О., Рюмин А.Г., Чуков С.Н. Постагрогенная трансформация органического вещества дерново-подзолистых почв // Почвоведение. 2011. № 10. С. 1178–1192.
- Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Когут Б.М. Принципы и методы оценки содержания трансформируемого органического вещества в пахотных почвах // Почвоведение. 2003. № 3. С. 308–316.
- Курганова И.Н., Семенов В.М., Кудеяров В.Н. Климат и землепользование как ключевые факторы стабильности органического вещества в почвах // Доклады Академии наук. 2019. Том 489. № 6. С. 646–650. <https://doi.org/10.31857/S0869-56524896646-650>
- Курганова И.Н., Телеснина В.М., Лопес де Гереню В.О., Личко В.И., Караванова Е.И. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2021. № 3. С. 287–303. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030102>
- 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. Пилотный карбоновый полигон в России: анализ запасов углерода в почвах и растительности // Почвы и окружающая среда. 2022. Том 5. № 2. e169. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>
- Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Чернов Д.В., Фомина А.С. Изменение гумусного состояния дерново-подзолистой песчаной почвы при окультуривании и последующем исключении из хозяйственного оборота // Агрохимия. 2004. № 8. С. 13–19.
- 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.
- Мамонтов В.Г., Афанасьева Р.А., Родионова Л.П., Быканова О.М. К вопросу о лабильном органическом веществе почв // Плодородие. 2008. № 2. С. 20–22.
- Моргун Е.Г., Макаров М.И. Использование поливольфрамата натрия при грануло-денсиметрическом фракционировании почвенного материала // Почвоведение. 2011. № 4. С. 433–438.
- Морозов А.М., Николаева И.О. особенности лесообразовательного процесса на пашне и сенокосе // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 5 (103). С. 82–86.
- Овсепян Л.А. Постагрогенная динамика запасов и состава органического вещества серых лесных почв московской области // Материалы по изучению русских почв: сборник. Вып. 9 (36). Санкт-Петербург: СПбГУ, 2017. С. 229–232.
- Овсепян Л.А. Фракционный состав органического вещества и микробная активность постагрогенных серых лесных почв и черноземов. Автореферат диссертации ... канд. биол. наук. Москва, 2018. 24 с.
- Огурева Г.Н. Ботанико-географическое районирование СССР. Москва: Издательство Моск. ун-та, 1991. 76 с.
- Пристова Т.А. Содержание углерода в растениях среднетаежных листовенных фитоценозов республики Коми // Принципы экологии. 2022. № 3 (45). С. 43–49. <https://doi.org/10.15393/j1.art.2022.12402>

- Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А. Динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги // Почвоведение. 2014. № 12. С. 1426–1435. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14090111>
- Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А. Изменение запасов углерода в постагрогенных экосистемах в результате естественного восстановления лесов в Костромской области // Лесоведение. 2015. № 4. С. 307–317.
- Семенов В.М., Кравченко И.К., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В., Семенова Н.А., Гисперт М., Пардини Дж. Экспериментальное определение активного органического вещества в некоторых почвах природных и сельскохозяйственных экосистем // Почвоведение. 2006. № 3. С. 282–292.
- Семенов В.М., Лебедева Т.Н., Лопес де Гереню В.О., Овсепян Л.А., Семенов М.В., Курганова И.Н. Пулы и фракции органического углерода в почве: структура, функции и методы определения // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 1. е199. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i1.199>
- Сушков С.Ф. Динамика почвенно-растительного покрова на залежных землях (на примере юго-западных районов Ленинградской области). Автореферат диссертации ... канд. биол. наук. Ленинград, 1974. 22 с.
- Телеснина В.М., Ваганов И.Е., Карлсен А.А., Иванова А.Е., Жуков М.А., Лебедев С.М. Особенности морфологии и химических свойств постагрогенных почв южной тайги на легких отложениях (Костромская область) // Почвоведение. 2016. № 1. С. 115–129. <https://doi.org/10.7868/S0032180X16010111>
- Телеснина В.М., Жуков М.А. Влияние способа сельскохозяйственного освоения на динамику биологического круговорота и ряда почвенных свойств в ходе постагрогенной сукцессии (Костромская область) // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1114–1129. <https://doi.org/10.1134/S0032180X1907013X>
- Уткин А.И., Замолдчиков Д.Г., Гульбе Т.А., Гульбе Я.И. Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы и осины в Европейской части России // Лесоведение. 1996. № 6. С. 36–46.
- Щепаченко Д.Г., Мухортова Л.В., Швиденко А.З., Ведрова Э.Ф. Запасы органического углерода в почвах России // Почвоведение. 2013. № 2. С. 123–132. <https://doi.org/10.7868/S0032180X13020123>
- Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biology and Biochemistry. 1978. Vol. 10. No. 3. P. 215–221.
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Report No. 106. FAO, Rome, 2014, update 2015. 181 p.
- Kalinina O., Chertov O., Dolgikh A., Goryachkin S., Lyuri D., Vormstein S., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic Albeluvisols: Soil development, carbon stocks and dynamics of carbon pools // Geoderma. 2013. Vol. 207–208. P. 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.05.019>
- Kalinina O., Goryachkin S., Karavaeva N., Lyuri D., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern Taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics // Geoderma. 2009. Vol. 152. No. 1–2. P. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
- Kalinina O., Goryachkin S., Karavaeva N., Lyuri D., Giani L. Research Dynamics of carbon pools in post-agrogenic sandy soils of southern taiga of Russia // Carbon Balance and Management. 2010. Vol. 5. No. 1. P. 1–9. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-5-1>
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Postagrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. Vol. 129. P. 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>
- Kalinina O., Krause S.E., Goryachkin S., Karavaeva N., Lyuri D., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic chernozems of Russia: Soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools // Geoderma. 2011. Vol. 162. No. 1–2. P. 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.02.005>
- Kämpf I., Hölzel N., Störrle M., Broll G., Kiehl K. Potential of temperate agricultural soils for carbon sequestration: A meta-analysis of land-use effects // Science of the Total Environment. 2016. Vol. 566–567. P. 428–435. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.067>
- Lavallee J.M., Soong J.L., Cottruflo M.F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century // Global Change Biology. 2020. Vol. 26. No. 1. P. 261–273. <https://doi.org/10.1111/gcb.14859>
- Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Van Wesemael B., Schumacher J., Gensior A. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach: soil

organic carbon and land-use change // Global Change Biology. 2011. Vol. 17. No. 7. P. 2415–2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>

Поступила в редакцию 06.06.2024

Принята 23.08.2024

Опубликована 17.09.2024

#### Сведения об авторах:

**Телеснина Валерия Михайловна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник факультета почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва, Россия); [vtelesnina@mail.ru](mailto:vtelesnina@mail.ru)

**Подвезенная Марина Александровна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник факультета почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва, Россия); [podvezennaya@yandex.ru](mailto:podvezennaya@yandex.ru)

**Рыжова Ирина Михайловна** – доктор биологических наук, профессор факультета почвоведения ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва, Россия); [ryzhova@mail.ru](mailto:ryzhova@mail.ru)

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Dynamic of carbon pools in the postagrogenic ecosystems of the southern taiga

© 2024 V. M. Telesnina , M. A. Podvezennaya , I. M. Ryzhova 

M. V. Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gort 1/12, Moscow, Russia. E-mail: [vtelesnina@mail.ru](mailto:vtelesnina@mail.ru)

**The aim of the study** was to assess the nature of changes in the main carbon pools of ecosystems during post-agrogenic vegetation restoration for different agricultural lands.

**Location and time of the study.** The research was carried out in the Kostroma region. The objects are chronosequences, representing overgrown arable land, hayfield, hayfield-pasture and a well-fertilized private garden.

**Methods.** The biomass of forest stand was calculated allometrically; the biomass of living ground plant cover was calculated using the method of cuttings (aboveground) and monoliths (underground). Soil organic carbon content was determined by dichromate digestion, and soil microbial biomass was assessed by substrate-induced respiration.

**Results.** During succession in arable lands and hayfields, an increase in ecosystem carbon reserves was revealed due to the growth of woody phytomass, the share of carbon reserves growing from 0–10 to 65–78% over 40–50 years. When fertilized vegetable gardens become overgrown within 35 years, there was no regeneration of the tree stand. The upper horizons of arable soils contained 0,83–1,05% organic carbon, whereas the soil of the hay and the hay-pasture meadows contained 2,25% and 3,97%, respectively, and the soil of a vegetable garden contained 4,89%. When arable land is overgrown, carbon reserves in the old arable layer increased from 2,0–2,6 to 3,0–5,0 kg C/m<sup>2</sup>; when the hay meadow is overgrown, soil organic carbon stock decreased from 5,2 to 4,8 kg C/m<sup>2</sup>; in the hayfield-pasture, it decreased by 3,8 times; in the vegetable gardens, the carbon stock (10 kg C/m<sup>2</sup>) remained virtually unchanged for 35 years.

**Conclusions.** When reforesting arable lands, as well as hayfields in the absence of livestock grazing, ecosystem carbon reserves increased 4–7 times with a decrease in the soil carbon share. The direction and nature of the carbon pools dynamics is determined by the soil humus state at the beginning of succession and, as a consequence, the type of use.

**Keywords:** succession; arable land; haymaking land; soil organic matter; Albic Retisol; Retic Albic Podzol; podzols; soddy-podzolic soils.

**How to cite:** Telesnina V.M., Podvezennaya M.A., Ryzhova I.M. Dynamic of carbon pools in the postagrogenic ecosystems of the southern taiga. The Journal of Soils and Environment. 2024. 7(3). e272. DOI: [10.31251/pos.v7i3.272](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.272) (in Russian with English abstract).

#### FUNDING

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 121040800321-4 “Indicators of transformation of biogeochemical cycles of nutrients in natural and anthropogenic ecosystems”), as well as within the framework of the Development Program of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of Moscow State University named after M. V. Lomonosov “The future of the planet and global environmental changes”.

## REFERENCES

- Arinushkina E.V. Soil Chemical Analysis Guide. Moscow: Moscow State University Press, 1970. 244 p. (in Russian).
- Artemyeva Z.S., Ryzhova I.M., Sileva T.M., Erokhova A.A. Stabilization of organic carbon in microaggregates of soddy-podzolic soils depending on the nature of land use. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie (Lomonosov Soil Science Journal)*. 2013. No. 3. P. 19–26. (in Russian).
- Bolysov S.I., Fuzeina Yu.N. Physico-geographical conditions of the Kostroma Trans-Volga region. Geological and geomorphological structure. In book: *Kostroma Trans-Volga region: nature and people*. Moscow: IPEE RAS Publ., 2001. P. 36–60. (in Russian).
- Vladychenskii A.S., Telesnina V.M., Rummyantseva K.A., Chalaya T.A. Organic matter and biological activity of postagrogenic soils in the southern taiga using the example of Kostroma oblast. *Eurasian Soil Science*. 2013. Vol. 46. No. 5. P. 518–529. <https://doi.org/10.1134/S1064229313050141>
- Gulbe A.Ya. Dynamics of phytomass and annual production of birch underwood on lode of the southern taiga subband (Yaroslav region). *Vestnik of the Orenburg State University*. 2006. No. 4S (54). P. 34–37. (in Russian).
- Erokhova A.A., Makarov M.I., Morgun E.G., Ryzhova I.N. Effect of the natural reforestation of an arable land on the organic matter composition in soddy-podzolic soils. *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47. No. 11. P. 1100–1106. <https://doi.org/10.1134/S1064229314110040>
- Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Korovin G.N. Conversion coefficients phytomass/reserves related to dendrometric parameters and stand composition. *Lesovedenie*. 2005. No. 6. P. 73–81. (in Russian).
- Kechaikina I.O., Ryumin A.G., Chukov S.N. Postagrogenic transformation of organic matter in soddy-podzolic soils. *Eurasian Soil Science*. 2011. Vol. 44. No. 10. P. 1077–1089. <https://doi.org/10.1134/S1064229311100061>
- Classification and diagnostics of soils of Russian / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimov. Smolensk: Oykumena Publ., 2004. 342 p. (in Russian).
- Kogut B.M. Principles and methods of assessing the content of labile organic matter in plowed soils. *Eurasian Soil Science*. 2003. Vol. 36. No. 3. P. 283–290.
- Kurganova I.N., Semenov V.M., Kudiyarov V.N. Climate and land use as key factors of the stability of organic matter in soils. *Doklady Biological Sciences*. 2019. Vol. 489. No. 1. P. 189–192. <https://doi.org/10.1134/S0012496619060085>
- Kurganova I.N., Lopez de Gerenyu V.O., Lichko V.I., Telesnina V.M., Karavanova E.I. The dynamics of carbon pools and biological activity of retic albic podzols in southern taiga during the postagrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 3. P. 337–351. <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>
- Kurganova I.N., Lopez de Gerenyu V.O., Ipp S.L., Kaganov V.V., Khoroshaev D.A., Rukhovich D.I., Sumin Yu.V., Durmanov N.D., Kuzyakov Ya.V. Pilot carbon polygon in Russia: analysis of carbon stocks in soils and vegetation. *The Journal of Soils and Environment*. 2022. Vol. 5. No. 2. e169. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>
- Litvinovich A.V., Pavlova O.Yu., Chernov D.V., Fomina A.S. Changes in the humus state of soddy-podzolic sandy soil during cultivation and subsequent exclusion from economic use. *Agrokhimia*. 2004. No. 8. P. 13–19. (in Russian).
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of agricultural lands in Russia in the twentieth century and post-agrogenic restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS Publ., 2010. 416 p. (in Russian).
- Mamontov V.G., Afanasyeva R.A., Rodionova L.P., Bykanova O.M. On the issue of labile soil organic matter. *Plodorodie*. 2008. No. 2. P. 20–22. (in Russian).
- Morgun E.G., Makarov M.I. Use of sodium polytungstate in the granulo-densimetric fractionation of soil material. *Eurasian Soil Science*. 2011. Vol. 44. No. 4. P. 394–398. <https://doi.org/10.1134/S1064229311040077>
- Morozov A.M., Nikolaeva I.O. Features of the forest formation process in arable land and hayfields. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2013. No. 5(103). P. 82–86. (in Russian).

- Ovsepyan L.A. Postagrogenic dynamics of reserves and composition of organic matter in gray forest soils of the Moscow region. *Materialy po izucheniyu russkikh pochv (Materials on the study of Russian soils): Collection*. Vol. 9(36). St. Petersburg: SPbU, 2017. P. 229–232. (in Russian).
- Ovsepyan L.A. Fractional composition of organic matter and microbial activity of postagrogenic gray forest soils and chernozems. *Abstract of Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Moscow*. 2018. 24 p. (in Russian).
- Ogureeva G.N. *Botanical-geographical zoning of the USSR*. Moscow: Moscow State University Press, 1991. 76 p. (in Russian).
- Pristova T.A. Carbon content in plants of the middle taiga deciduous forest of the Komi republic. *Principles of the Ecology*. 2022. No. 3 (45). P. 43–49. (in Russian). <https://doi.org/10.15393/j1.art.2022.12402>
- Ryzhova I.M., Erokhova A.A., Podvezennaya M.A. Dynamics and structure of carbon storage in the postagrogenic ecosystems of the southern taiga. *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47. No. 12. P. 1207–1215. <https://doi.org/10.1134/S1064229314090117>
- Ryzhova I.M., Erokhova A.A., Podvezennaya M.A. Alterations of the carbon storages in postagrogenic ecosystems due to natural reforestation in Kostroma oblast. *Lesovedenie*. 2015. No. 4. P. 307–317. (in Russian).
- Semenov V.M., Ivannikova L.A., Kuznetsova T.V., Semenova N.A., Kravchenko I.K., Gispert M., Pardini J. Experimental determination of the active organic matter content in some soils of natural and agricultural ecosystems. *Eurasian Soil Science*. 2006. Vol. 39. No. 3. P. 251–260. <https://doi.org/10.1134/S1064229306030033>
- Semenov V.M., Lebedeva T.N., Lopez de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Semenov M.V., Kurganova I.N. Pools and fractions of organic carbon in soil: structure, functions and methods of determination. *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 1. e199. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i1.199>
- Sushkov S.F. Dynamics of soil and vegetation cover on fallow lands (using the example of the southwestern regions of the Leningrad region). *Abstract of Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Leningrad*, 1974. 22 p. (in Russian).
- Telesnina V.M., Vaganov I.E., Karlson A.A., Ivanova A.E., Zhukov M.A., Lebedev S.M. Specific features of the morphology and chemical properties of coarse-textured postagrogenic soils of the southern taiga, Kostroma oblast. *Eurasian Soil Science*. 2016. Vol. 49. No. 1. P. 102–115. <https://doi.org/10.1134/S1064229316010117>
- Telesnina V.M., Zhukov M.A. The influence of agricultural land use on the dynamics of biological cycling and soil properties in the course of postagrogenic succession (Kostroma oblast). *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52. No. 9. P. 1122–1136. <https://doi.org/10.1134/S1064229319070135>
- Utkin A.I., Zamolodchikov D.G., Gulbe T.A., Gulbe Ya.I. Allometric equations for phytomass based on the data on pine, spruce, birch and aspen trees in European Russia. *Lesovedenie*. 1996. No. 6. P. 36–46. (in Russian).
- Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Mukhortova L.V., Vedrova E.F. The pool of organic carbon in the soils of Russia. *Eurasian Soil Science*. 2013. Vol. 46. No. 2. P. 107–116. <https://doi.org/10.1134/S1064229313020129>
- Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 1978. Vol. 10. No. 3. P. 215–221.
- IUSS Working Group WRB. *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Report No. 106. FAO, Rome, 2014, update 2015. 181 p.
- Kalinina O., Chertov O., Dolgikh A., Goryachkin S., Lyuri D., Vormstein S., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic Albeluvisols: Soil development, carbon stocks and dynamics of carbon pools. *Geoderma*. 2013. Vol. 207–208. P. 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.05.019>
- Kalinina O., Goryachkin S., Karavaeva N., Lyuri D., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern Taiga of Russia: Soil development, nutrient status, and carbon dynamics. *Geoderma*. 2009. Vol. 152. No. 1–2. P. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
- Kalinina O., Goryachkin S., Karavaeva N., Lyuri D., Giani L. Research Dynamics of carbon pools in post-agrogenic sandy soils of southern taiga of Russia. *Carbon Balance and Management*. 2010. Vol. 5. No. 1. P. 1–9. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-5-1>
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Postagrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia. *Catena*. 2015. Vol. 129. P. 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>
- Kalinina O., Krause S.E., Goryachkin S., Karavaeva N., Lyuri D., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic chernozems of Russia: Soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools Self-restoration of post-



agroenic chernozems of Russia: Soil development, carbon stocks, and dynamics of carbon pools. *Geoderma*. 2011. Vol. 162. No. 1–2. P. 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.02.005>

Kämpf I., Hölzel N., Störrle M., Broll G., Kiehl K. Potential of temperate agricultural soils for carbon sequestration: A meta-analysis of land-use effects. *Science of the Total Environment*. 2016. Vol. 566–567. P. 428–435. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.067>

Lavallee J.M., Soong J.L., Cottrifo M.F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global Change Biology*. 2020. Vol. 26. No. 1. P. 261–273. <https://doi.org/10.1111/gcb.14859>

Poepflau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Van Wesemael B., Schumacher J., Gensior A. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach: soil organic carbon and land-use change. *Global Change Biology*. 2011. Vol. 17. No. 7. P. 2415–2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>

*Received 06 June 2024*

*Accepted 23 August 2024*

*Published 17 September 2024*

#### **About the authors:**

**Valeria M. Telesnina** – Candidate of Biological Sciences, Senior Research Assistant of the Soil Science Faculty of the M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia); [vtelesnina@mail.ru](mailto:vtelesnina@mail.ru)

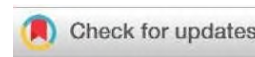
**Marina A. Podvezennaya** – Candidate of Biological Sciences, Research Assistant of the Soil Science Faculty of the M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia); [podvezennaya@yandex.ru](mailto:podvezennaya@yandex.ru)

**Irina M. Ryzhova** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Soil Science Faculty of the M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia); [iryzhova@mail.ru](mailto:iryzhova@mail.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



## Оценка трансформации плодородия почвы залежи на катене в Красноярской лесостепи

© 2024 О. А. Сорокина , А. Н. Данилов 

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет», проспект Мира, 90, г. Красноярск, 660049, Россия. E-mail: [geos0412@mail.ru](mailto:geos0412@mail.ru), [daniloff.andrey-n@yandex.ru](mailto:daniloff.andrey-n@yandex.ru)

**Цель исследования.** Оценить трансформацию некоторых абиотических факторов и показателей плодородия, а также развитие эрозионных процессов в постагрогенной тёмно-серой глееватой почве естественной залежи и при её повторном освоении в пашню на сопряженных частях склона катены в условиях Красноярской лесостепи.

**Место и время проведения.** Исследования проведены в Красноярской лесостепи в 2017–2019 гг. на постагрогенной тёмно-серой глееватой почве неосвоенных и введённых в пашню залежей. Залежь находилась в корневищно-дерновинной стадии сукцессии, её возраст составлял 18 лет. Экспериментальные распаханые участки этой залежи введены в пашню в 2016 г., то есть являлись вновь освоенными.

**Методы.** Использовали катенарный метод почвенных исследований. На склоне восточной экспозиции крутизной 1,8° заложили катену, по геоморфологическому профилю которой выделили три части склона, сопряженные между собой: вершина, выположенная середина и подножие. Массив залежи разбили на два граничащих между собой участка: необработанная и повторно введенная в сельскохозяйственное освоение залежь. На каждой позиции катены провели морфологическое описание почвенных профилей, дали характеристику основных свойств генетических горизонтов, определили плотность сложения, структурный состав, рассчитав содержание агрономически ценных фракций (АЦФ). В динамике (с мая по август) провели измерение температуры и влажности почвы в слоях 0–10 и 10–20 см, а также определили содержание подвижных минеральных форм азота: обменного аммония (N-NH<sub>4</sub>) и нитратного азота (N-NO<sub>3</sub>). С помощью «почвенных ловушек» установили возможность проявления эрозионного стока, процессов аккумуляции мелкозёма и биоты по склону. Повторность отбора образцов и всех определений трёхкратная.

**Основные результаты.** По морфологическому описанию почв в разрезах на трёх частях склона катены необработанной залежи установили, что почвенные профили полноразвитые. Почва – тёмно-серая постагрогенная слабоподзоленная глееватая тяжёлоуглинистая на коричнево-бурой глине. Отчётливо выделяется бывший пахотный слой, свидетельствующий о постагрогенной стадии развития почв («плужная подошва»). На распаханном участке по сравнению с необработанной залежью установлена более сильная прогреваемость почвы за счёт теплоемкой оголенной поверхности массива. Почва на вершине склона, относительно других точек, практически всегда характеризовалась более высокой температурой. Содержание влаги в верхних слоях почвы на обработанной залежи за три года исследований существенно выше, чем на необработанной. При высоком содержании гумуса и большой доли АЦФ в структурном составе почвы обоих объектов исследования очень мала доля пылеватой фракции. За счёт механической обработки при освоении залежи практически не снижается доля глыбистой фракции. Структурное состояние почвы всех объектов исследования по содержанию АЦФ характеризуется как отличное или хорошее. Содержание этих фракций несколько возрастает в почве всех частей склона на обработанной залежи. Более высокой плотностью сложения отличается почва в нижней аккумулятивной точке катены за счёт утяжеления гранулометрического состава. После распахивания залежи плотность сложения почвы несколько снижается в середине и у подножия склона. Коэффициенты варьирования плотности сложения почвы очень низкие, что говорит о слабой пространственной пестроты этого показателя на всем массиве.

Содержание аммонийного азота в почве обоих участков залежей в течение всех периодов вегетации низкое или среднее, статистически не различающееся. Обеспеченность почвы необработанной залежи нитратным азотом очень низкая или низкая. После распахивания залежи и её сельскохозяйственного использования степень обеспеченности нитратным азотом повышается на один-два класса. При этом существенно увеличивается суммарное содержание подвижных минеральных форм азота, оценивающееся как повышенное, что статистически подтверждается.

Коэффициенты сноса и аккумуляции почвенной массы свидетельствуют о значительно меньшей подверженности её переносу на необработанной залежи. Аккумулирующая функция свойственна середине склона на обработанной залежи по сравнению с вершиной и подножием. Доля биоты в эрозионном стоке достаточно высокая, особенно в середине склона необработанной залежи. Установлена слабая пространственная неоднородность эрозионной почвенной массы во всех частях склона в катене на залежи с существенным увеличением «пестрополя» при её распахивании, особенно в середине и подножие склона.

**Заключение.** Различия абиотических факторов и изменение комплекса показателей плодородия тёмно-серой глееватой почвы на необработанной и повторно введённой в пашню залежи определяются положением частей склона в катене. Максимальная интенсивность протекания почвенных режимов и процессов, трансформации почвенных свойств характерны для подножия склона необработанной залежи и середины склона освоенной залежи. По комплексу показателей плодородия тёмно-серой постагрогенной слабоподзоленной глееватой почвы Красноярской лесостепи установлена возможность введения в пашню залежи, находящейся в корневищно-дерновинной стадии сукцессии.

**Ключевые слова:** залежь; склон; обработка; свойства почв; снос; аккумуляция.

**Цитирование:** Сорокина О.А., Данилов А.Н. Оценка трансформации плодородия почвы залежи на катене в Красноярской лесостепи // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e267. DOI: [10.31251/pos.v7i3.267](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.267)

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема залежей в Российской Федерации по-прежнему остается очень актуальной, так как в настоящее время заброшенная пашня претерпевает существенные изменения не только в профиле почв, но и в специфике формировании постагрогенных фитоценозов (Зыбалов, Кокарева, 2005; Люри и др., 2008; Захаренко, 2008; Владыченский и др., 2010). Изучение и оценку состояния залежей необходимо проводить для разработки агротехники, рационального использования при их возвращении в пашню или при использовании под кормовые угодья, а также регулирования и восстановления экологического равновесия вновь сформированных лесных фитоценозов. Постагрогенная трансформация почв на залежах дает адекватную возможность изучить и проанализировать направление и скорость почвообразовательных процессов, а также восстановительную способность почв в современных условиях (Кузнецова и др., 2009; Люри, 2010; Кутькина, Еремина, 2011; Гиниятуллин и др., 2012; Ерёмин, 2014; Шпедт, Трубников, 2017, 2018). Эти объекты являются прекрасными антропогенно-природными моделями, позволяющими выявить взаимовлияние растительности и всего комплекса свойств почв на разных стадиях сукцессии формирующихся постагрогенных экосистем, установить достижение равновесного состояния и дать оценку темпов восстановления почвенного плодородия. Важное теоретическое и прикладное значение имеет подобная оценка трансформации почв при различном направлении использования залежей (Сорокина и др., 2016; Попков, Сорокина 2023а, 2023б). В настоящее время мониторинг залежных земель и разработка рекомендаций по их рациональному использованию, особенно повторному освоению в пашню, является государственной задачей (Государственный доклад ..., 2022). В Сибирском федеральном округе имеется более 4 млн га неиспользуемой пашни, из которых более 2 млн га пригодны для введения в сельскохозяйственный оборот, так как являются резервом для увеличения валового сбора зерна. По данным Минсельхоза РФ (Доклад ..., 2022) Россия планирует до 2025 года ввести в оборот 4 млн га заброшенной пашни, что позволит обеспечить ежегодный прирост объемов производства зерна на 1 млн тонн и масличных культур – на 0,2 млн тонн.

Необходимость и оценка возможности возврата заброшенных земель в сельскохозяйственный оборот является дискуссионной комплексной проблемой на стыке многих политических, социальных, экономических и экологических вопросов. В обзорной публикации Т.В. Нечаевой (2023) детально охарактеризованы причины и последствия вывода земель из сельскохозяйственного оборота в Российской Федерации. Автором приведены возможные пути и направления использования постагрогенных экосистем в зависимости от стадии сукцессии растительности, плодородия почв, состояния землеустройства, экономики и т.д.

Ряд специалистов и ученых констатируют, что в большинстве случаев необрабатываемые участки – это неудобия и поля, которые давно заросли лесами различного видового состава. Активное зарастание заброшенных пашен лесной растительностью отмечается даже в степных регионах Средней Сибири – республиках Хакасия и Тыва. Отрицательное влияние оказывают и природообусловленные факторы расположения заброшенных пашен, такие как мелкоконтурность, удаленность, эрозионная опасность, топографическая чересполосица, малоприспособный низкий потенциал почв, их деградация. Для решения проблемы невостребованных земель сельскохозяйственного назначения необходимо проведение целого комплекса дорогостоящих землеустроительных и агротехнологических мероприятий. К ним относятся культуртехнические работы, такие как расчистка земель от сорной, древесно-кустарниковой растительности, пней. В ряде случаев необходима организация гидромелиоративных мероприятий, таких как орошение, осушение, обводнение, а также проведение агролесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий

(создание полезащитных лесных полос, облесение оврагов, крутых склонов и песков, залужение многолетними травами). Поэтому многие считают, что эти земли необходимо оставить как стратегический резерв, который при необходимости всегда можно освоить и ввести в оборот.

**Состояние залежей в Красноярском крае.** В работе В.А. Андиной с соавторами (2022) обстоятельно проанализирована динамика состояния и использования сельскохозяйственной категории земель на территории Красноярского края. О.П. Колпаковой (2023) приведена подробная характеристика причин вывода пашни в залежное состояние, не востребованности земель сельскохозяйственного назначения в настоящее время, проблем учета и оценки возможности повторного возврата залежных земель в Красноярском крае.

Доля неиспользуемой пашни в Красноярском крае составляет около 40%. В годы перестройки происходило резкое снижение посевов и увеличение залежи. С 2000 по 2012 годы соотношение площадей смещалось в сторону образования залежей, особенно в зоне южной тайги (травяных лесов) и лесостепи. С 2013 года отмечается незначительное снижение площадей залежей за счет повторного вовлечения их в пашню и последующего окультуривания. Переведены в залежь достаточно большие площади заброшенных пашен, которые расположены на пойменных и надпойменных террасах крупных и малых рек, где формируются различные типы почв. Наряду с выпаханymi малопродуктивными сельскохозяйственными угодьями, в залежь забрасывали и значительные площади достаточно плодородных земель черноземного типа. В то же время, это высокопродуктивные постагрогенные экосистемы, которые могут быть вновь освоены или оставлены в настоящем виде как стабилизирующие компоненты агроландшафта при зарастании их лесом, а также как кормовые угодья, для чего требуется оценка их потенциальной продуктивной возможности.

По данным ФГБУ ГЦАС «Красноярский» 648,8 тыс. га бывших пашен заустарены, залесены, заболочены, подтоплены, подвержены водной и ветровой эрозии (Годовой доклад ..., 2020; Государственный доклад ..., 2022). Остальная часть (около 400 тыс. га) расположена в районах с низким уровнем сельскохозяйственного производства. Наибольшую площадь составляют залежные земли, неиспользуемые более 10–20 лет (табл. 1). Значительные площади покрыты 10–20-летним древостоем и для их восстановления требуется уже коренная мелиорация. Больше всего таких земель в Западной и Восточной группе районов, где они составляют около 30% от общей площади пашни.

**Таблица 1**

Качественное состояние землепользования по природным округам Красноярского края, тыс. га (Годовой доклад ..., 2020)

Показатели	По краю	Сельскохозяйственные зоны				
		Восточная	Центральная	Западная	Южная	Северная
Общая площадь пашни	2932,02	912,29	451,94	917,34	541,51	111,95
Общая площадь пашни	3106,96	958,91	473,11	937,97	536,12	110,55
Неиспользуемая пашня, в том числе:	1029,15	315,36	192,85	243,79	184,66	92,20
до 2 лет	71,39	19,81	18,14	19,10	14,34	0,00
2–10 лет	348,56	109,92	61,76	50,11	40,66	77,12
более 10 лет	609,19	155,62	112,90	163,59	129,66	15,36
Состояние неиспользуемой пашни						
Заустаренность и залесенность	613,25	206,71	114,21	174,52	47,02	71,09
Заболачивание и подтопление	15,13	1,03	2,29	2,97	3,84	0,00
Эрозия	46,94				46,94	

Установлено отсутствие или слабое развитие эрозионных процессов во всех сельскохозяйственных зонах, кроме Южно-Минусинского природного округа, в большей степени подверженного процессам дефляции. Общая площадь этих земель здесь не столь значительна. Повсеместное внедрение приемов минимальной обработки почв предотвращает проявление эрозии. В то же время, основные площади современной пашни и залежей лесостепной зоны Красноярского края расположены в условиях склонового земледелия, что диктует необходимость изучать и

оценивать эрозионную опасность, особенно при повторном освоении залежей (Танасиенко, 2003; Савич и др., 2016; Данилов, 2017; 2019; Якутина и др., 2022).

Земли сельскохозяйственного назначения составляют около 17%; преобладает пашня, которая занимает 60,2% от сельскохозяйственных угодий. Анализ данных современного состояния и использования земель Красноярского края показал, что по состоянию на 1 января 2022 года не востребуемые земельные доли в районах края занимали площадь 324,3 тыс. га или 19,8% от общей площади земельных долей собственников. Большая часть не востребуемых земельных долей сконцентрирована в лесостепной зоне Красноярского края, в таких районах как Идринский, Каратузский, Краснотуранский, Курагинский, Назаровский, Новоселовский, Ужурский, Шарыповский и Шушенский.

По данным Д.С. Булгакова с соавторами (2008) в Красноярском крае планировалось ввести в пашню 454 тыс. га залежных земель. Увеличение площади пашни должно было произойти, главным образом, в лесостепной зоне (344 тыс. га), в частности, в Красноярском (115 тыс. га), Чулымо-Енисейском (98 тыс. га) и Канском (65 тыс. га) природных округах, где сосредоточены наибольшие площади плодородных залежных земель. В степной зоне планировалось ввести в оборот 67 тыс. га. В таежной и подтаежной зонах количество планируемых для повторного введения в оборот залежных земель существенно меньше, всего 40 тыс. га. Таким образом, за счет залежных земель площадь пашни в Красноярском края должна была возрасти до 2194 тыс. га. Эти планы не были выполнены. Материальные затраты на освоение и ввод в пашню неиспользуемых сельскохозяйственных земель велики. Проведенные нами расчеты свидетельствуют, что рентабельность возврата залежи на серой почве, заросшей лесом, очень низкая и составляет 44,4%. Это связано с большими затратами и высокой себестоимостью культуртехнических работ по раскорчевке, удалению лесной растительности и плантажной вспашки.

**Цель исследования** – оценить трансформацию некоторых абиотических факторов и показателей плодородия, а также развитие эрозионных процессов в постагрогенной тёмно-серой глееватой почве естественной залежи и при её повторном освоении в пашню на сопряженных частях склона катены в условиях Красноярской лесостепи.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования послужили постагрогенные темно-серые глееватые почвы в катене на необработанном и обработанном массиве залежи территории бывшего ООО «Рассвет» Манского района, который относится по природному районированию к Красноярскому лесостепному округу. Пахотные угодья в хозяйстве интенсивно забрасывались в годы реорганизации хозяйственной собственности на землю, проходившей в начале 21 века. Разнотравно-злаковая залежь, объект наших исследований, имела возраст 18 лет, находилась в корневищно-дерновинной стадии сукцессии, отличалась хорошо развитым травянистым покровом.

В работе использован катенарный метод почвенных исследований. По геоморфологическому профилю массива залежи на склоне восточной экспозиции крутизной 1,8° заложили почвенную катену (рис. 1). Крутизну склона определили нивелиром Geobox n7-26. В катене выделили три точки, расположенные на разных частях склона, геоморфологически сопряженные между собой: вершина, выположенная середина и подножие склона. В каждой части катены необработанной залежи заложили почвенные разрезы с морфологическим описанием профилей и отбором образцов почвы из генетических горизонтов.



**Рисунок 1.** Общий вид массива залежи – объекта исследований на склоне. Фото О.А. Сорокиной.

Массив залежи разбили на два участка: (1) необработанная (чистая) залежь площадью 2,8 га; (2) обработанная залежь, т.е. повторно введенный в сельскохозяйственное освоение участок площадью 2,8 га (рис. 2). На введенном в пашню участке залежи в течение трех лет (с 2017 по 2019 гг.) проводили обработку почвы с последующей посадкой картофеля сорта Гала гребневым способом. На всех частях склона катены было выделено по три делянки, площадью по 100 м<sup>2</sup>.



**Рисунок 2.** Участки обработанной залежи после повторного освоения и подготовки под посадку картофеля. Фото А.Н. Данилова.

По морфологическому описанию почв в разрезах на трех частях склона катены необработанной залежи установили, что почвенные профили полноразвитые. Почва – тёмно-серая постагрогенная слабоподзоленная глееватая тяжёлосуглинистая на коричнево-бурой глине (Классификация ..., 1977). Отчетливо выделяется бывший пахотный слой, свидетельствующий о постагрогенной стадии развития почв («плужная подошва»), что хорошо видно из рисунка 3. Строение профилей почв во всех точках катены идентичное: 0 – АUра – АUEI – BEI – BTg – BCg – Cg. В верхней части почвенных профилей установлены слабые признаки оподзоливания, структура комковато-ореховатая. Почвы по всей глубине не вскипают. Наличие признаков мерзлотного оглеения, свойственного для типа серых почв лесостепной зоны Красноярского края, более отчетливо проявляется в зоне иллювирувания и материнской породе. Это характерно для всех профилей почв, особенно в подножие склона.



**Рисунок 3.** «Плужная подошва» в тёмно-серой глееватой почве залежи. Фото О.А. Сорокиной.

Изучили некоторые эколого-абиотические факторы формирования почв необработанной и обработанной залежи. На всех частях склона катены (вершина, середина и подножие склона) измеряли температуру почвы в слоях 0–10 и 10–20 см почвенным термометром (Bayer TP 100) в сроки, приуроченные к отбору почвенных образцов (май, июнь, июль, август). В эти же сроки проводили определение полевой влажности почвы согласно ГОСТ 28268-89, а также подвижных минеральных форм азота: обменного аммония (N-NH<sub>4</sub>) с реактивом Несслера (ГОСТ 26489-85), нитратного азота (N-NO<sub>3</sub>) дисульфифеноловым методом в модификации Шаркова (ГОСТ 26951-86). Повторность отбора образцов почвы из слоев 0–10 и 10–20 см трёхкратная.

Плотность сложения определили методом взятия почвенных проб в металлических цилиндрах (буриках Качинского) с ненарушенным сложением, структурный состав – методом сухого просеивания по Саввинову, а также рассчитали содержание агрономически ценных фракций (АЦФ) (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Установили возможность проявления эрозионного стока, процессов аккумуляции мелкозема и биоты на поверхности почвы по склону на необработанной залежи и при её повторном освоении. Для оценки этих процессов в трёхкратной повторности на каждой части склона устанавливали «почвенные ловушки» в виде вкопанных сосудов на уровне поверхности почвы. Выявили снос почвенной массы на разных частях склона с апреля по июль и с июля по октябрь. Рассчитали коэффициенты сноса и аккумуляции почвенной массы по её отношению в разных частях склона.

Явление пространственной неоднородности почв в настоящее время можно считать хорошо изученным, существует достаточно много литературы по этому вопросу, представлены методы оценки варибельности почвенных признаков (Михеева, 2001). Все полученные нами результаты статистически обработаны с использованием программы Microsoft Excel. Рассчитали коэффициент пространственного варьирования свойств почв (Cv). Достоверность различий изученных свойств почв между объектами исследования рассчитывали по критерию Стьюдента.

В данной работе приведен обобщенный материал по трём годам исследования (2017–2019 гг.), указанным срокам и повторностям определений. Поэтому кратность повторений в этом случае составила 36. Если определение показателей проводилось в течение года один раз в трёхкратной повторности, тогда число случаев составляло 9, что указано в таблицах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Глобальная роль в формировании экологической устойчивости естественных и антропогенных биоценозов, их функционировании и направлении использования принадлежит гумусу, который выполняет не только ресурсную функцию как основа плодородия, но и экологическую. Степень гумусированности верхней части профиля почвы на залежи (разрез №1) очень высокая с резким падением в горизонтах В и С (табл. 2). Такой регрессионно-аккумулятивный гумусовый профиль свойственен типу серых почв Красноярского края и указывает на биогенную аккумуляцию органического вещества в самом верхнем слое почв.

**Таблица 2**

Характеристика почвы в нижней точке катены на залежи (разрез № 1)

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH		ммоль/100 г почвы		V, %	Сумма фракций < 0,01 мм, %
			H <sub>2</sub> O	KCl	Hг	S		
AUpa	0–20	9,1	6,1	4,9	4,3	35,4	89,2	57,8
AUEI	20–27	6,5	6,0	4,7	4,3	30,6	87,7	54,4
BEI	27–47	3,8	5,8	4,3	4,0	26,2	86,7	57,3
BTg	47–67	2,4	5,9	4,3	2,8	26,2	90,3	59,5
BCg	67–75	2,3	6,2	4,5	2,1	27,0	92,8	60,1
Cg	75 и ниже	2,1	6,5	4,7	1,6	28,8	94,7	62,4

Примечание.

Здесь и далее в табл. 3–4 представлены актуальная (pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>), обменная (pH<sub>KCl</sub>) и гидролитическая (Hг) кислотность; S – сумма обменных оснований; V – степень насыщенности основаниями.

Реакция среды по величинам актуальной и обменной кислотности по всему почвенному профилю среднекислая. Характерна невысокая гидролитическая кислотность, не превышающая 5

ммоль/100 г почвы. Сумма обменных оснований максимальная в гумусово-аккумулятивном горизонте. Отмечается достаточно высокая степень насыщенности основаниями.

В серединной части склона катены (разрез №2) содержание гумуса очень высокое и составляет 10,8% в горизонте АУра (табл. 3); характерно резкое падение степени гумусированности с глубиной. Значения рН, особенно по величинам обменной кислотности, во всех горизонтах профиля почвы свидетельствуют о среднекислой реакции. Гидролитическая кислотность максимальная в горизонтах АУра и АЕI, постепенно снижаясь с глубиной. Самая высокая сумма обменных оснований зафиксирована в гумусово-аккумулятивном горизонте, закономерно снижаясь с глубиной. Степень насыщенности почвы основаниями достаточно высокая за счет низкой гидролитической кислотности и достаточно высокой суммы обменных оснований.

Таблица 3

Характеристика почвы в средней точке катены на залежи (разрез №2)

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		ммоль/100 г		V, %	Сумма фракций < 0,01 мм, %
			H <sub>2</sub> O	KCl	Hг	S		
АУра	0–19	10,8	5,9	4,9	4,8	36,6	88,4	54,4
АЕI	19–41	5,2	5,9	4,9	4,6	32,8	87,7	52,2
BEI	41–58	2,8	6,2	4,7	2,5	26,4	91,3	53,8
BTg	58–71	2,5	6,3	4,6	2,1	27,8	93,0	56,4
BCg	71–82	2,2	6,3	4,6	2,0	26,8	93,1	58,8
Cg	82 и ниже	1,8	6,4	4,7	1,75	28,2	94,3	60,7

Содержание гумуса в верхней точке катены разреза №3 несколько ниже, чем в других частях склона, резко снижаясь вниз по профилю (табл. 4). Здесь самый короткий гумусовый профиль. Почва этой части склона характеризуется более кислой реакцией среды по величине актуальной и обменной кислотности. Гидролитическая кислотность в верхнем слое почвы максимальная, резко уменьшаясь с глубиной. Сумма обменных оснований достаточно высокая и составляет 30,0 ммоль/100 г. Степень насыщенности основаниями существенно меньше, чем в других частях склона за счет более высокой гидролитической кислотности и меньшей суммы обменных оснований. Она резко снижается вниз по профилю. Это свидетельствует о менее выраженных процессах биогенной аккумуляции в почве на вершине склона и о возможности более интенсивного сноса мелкозема в этой части склона.

Таблица 4

Характеристика почвы в верхней точке катены на залежи (разрез №3)

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	рН		ммоль/100 г		V, %	Сумма фракций < 0,01 мм, %
			H <sub>2</sub> O	KCl	Hг	S		
АУра	0–20	8,3	5,6	4,5	6,4	30,0	82,4	47,9
АЕI	20–32	3,1	5,7	4,3	4,8	17,8	78,8	50,1
BEI	32–42	1,8	5,7	4,4	3,9	14,8	79,1	51,4
BTg	42–66	1,7	5,9	4,2	2,9	19,4	87,0	55,2
BCg	66–78	1,6	6,1	4,3	2,5	25,0	90,9	55,7
Cg	78 и ниже	1,6	6,2	4,5	2,3	26,0	91,8	60,4

Таким образом, в верхней части склона катены более отчетливо проявляются трансэлювиальные процессы. Выположенная середина склона на залежи, а также подножие отличаются преобладанием аккумулятивных процессов.

По результатам исследований температура почвы на обработанной и необработанной (чистой) залежи оптимальная для развития корневой системы растений и микроорганизмов. На распаханном участке по сравнению с необработанной залежью установлена более сильная прогреваемость почвы за счёт теплоемкой оголенной поверхности массива. Почва на вершине склона, относительно других точек, практически всегда характеризуется более высокой температурой, что вполне логично. Указанные различия по величине критерия Стьюдента статистически достоверны. Влагообеспеченность почвы обработанной и необработанной залежи оценивается как оптимальная. Содержание влаги в слое почвы 0–20 см на обработанной залежи за три года исследования выше на



6%, чем на необработанной залежи, что подтверждается статистически по коэффициенту достоверности различий (табл. 5). Это объясняется более интенсивным десуктивным расходом влаги хорошо развитым травостоем растений на чистой залежи по сравнению с распаханым массивом.

**Таблица 5**

Достоверность различий ( $t_{\text{факт}}$  при  $t_{\text{теор}}=2,1$ ,  $n=36$ ) свойств почвы залежей в слое 0–20 см

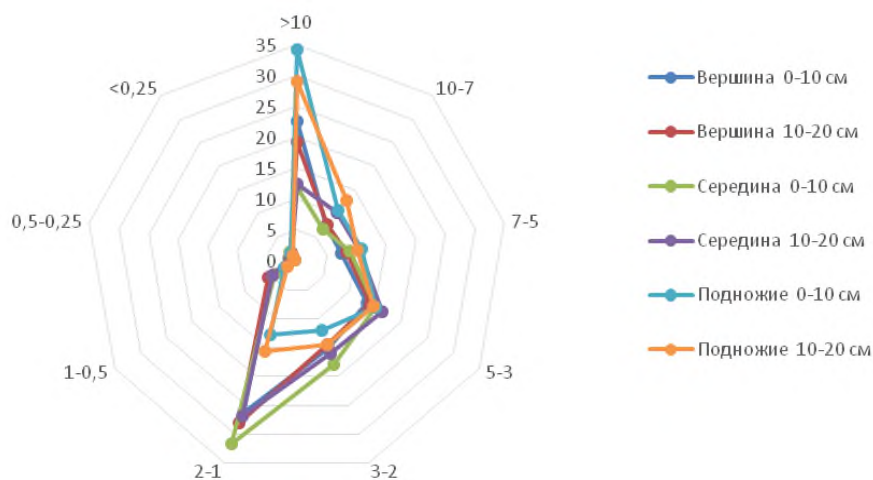
Объект	Температура		Влажность		АЦФ*	
	°C	$t_{\text{факт}}$	%	$t_{\text{факт}}$	%	$t_{\text{факт}}$
Необработанная залежь	16,2	4,6	32,3	2,2	76,8	2,8
Обработанная залежь (пашня)	17,9		38,6		81,3	

Примечание.

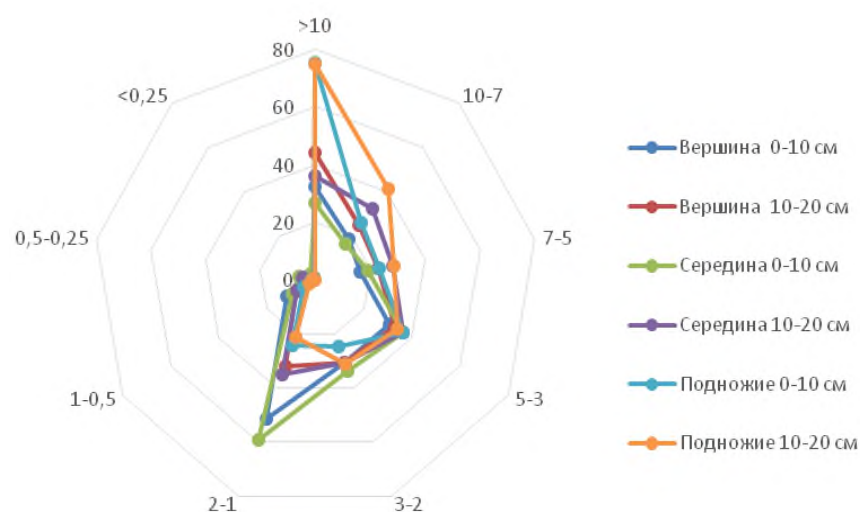
\*АЦФ – содержание агрономически ценных фракций в почве.

Структура почвы является одним из основных показателей ее плодородия. Особое значение в структурном составе почв имеет доля агрономически ценных фракций. При повышенном содержании гумуса и тяжёлосуглинистом гранулометрическом составе в почве обоих объектов исследования очень мала доля пылеватой фракции (см. табл. 5).

Максимальную долю в структурном составе почвы необработанной и распаханной залежи занимает сумма фракций размером от 5 до 3 мм (рис. 4 и 5). За счёт механической обработки при освоении залежи несколько увеличивается содержание глыбистой фракции, особенно в почве подножия склона.



**Рисунок 4.** Содержание фракций (%) структурного состава в почве на трёх точках склона обработанной залежи (пашни) ( $n=3$ ).



**Рисунок 5.** Содержание фракций (%) структурного состава в почве на трёх точках склона необработанной залежи ( $n=3$ ).

Содержание агрономически ценных фракций несколько увеличивается в почве всех точек склона обработанной залежи (табл. 6). Структурное состояние тёмно-серой глееватой почвы необработанной залежи по содержанию агрономически ценных фракций характеризуется как отличное на вершине и середине склона (75,6–86,2%) и как хорошее (64,1–69,7%) у подножия склона. Величина пространственного варьирования АЦФ незначительная во всех точках геоморфологического профиля (1,3–7,2%). На обработанной залежи доля агрономически ценных фракций возрастает на 5,9% в почве подножия склона и на 3,8% в середине склона. Самое большое количество АЦФ содержится в почве средней части склона, меньше на вершине и минимальное количество в подножии склона на пашне. Максимальным содержанием АЦФ отличается слой почвы 10–20 см по всему склону, кроме обработанной залежи.

Таблица 6

Структурный состав почв на разных частях склона залежей (n=9) и пространственное варьирование (Cv) содержания агрономически ценных фракций (АЦФ)

Часть склона	Слой, см	Частицы размером, мм		АЦФ, %	Cv, %
		>10	<0,25		
Необработанная залежь					
Подножие	0–10	34,3	1,6	64,1	7,2
	10–20	28,1	1,2	69,7	4,7
Середина	0–10	12,0	1,8	86,2	2,3
	10–20	12,5	1,4	86,0	1,3
Вершина	0–10	22,8	1,8	75,6	4,9
	10–20	19,3	1,7	79,0	5,4
Обработанная залежь (пашня)					
Подножие	0–10	37,7	0,5	70,2	7,4
	10–20	37,5	0,1	80,0	9,2
Середина	0–10	13,4	1,3	90,3	5,1
	10–20	18,0	0,4	87,5	5,2
Вершина	0–10	16,2	1,0	82,8	3,8
	10–20	22,0	0,7	77,3	5,2

В целом по плотности сложения почва всех объектов оценивается как вспушенная, оптимальная для развития растений (табл. 7). Более высокой плотностью сложения отличается почва в нижней аккумулятивной части склона катены за счет утяжеления гранулометрического состава. После распашки залежи плотность сложения почвы снижается в середине и у подножия склона. Коэффициенты варьирования плотности сложения почвы на необработанной залежи и освоенной пашне очень низкие, что говорит о слабой пространственной пестроте этого показателя на всем массиве опытного участка.

Таблица 7

Плотность сложения почвы (n=9) и её пространственное варьирование (Cv)

Часть склона	Слой, см	Необработанная залежь		Обработанная залежь (пашня)	
		г/см <sup>3</sup>	Cv, %	г/см <sup>3</sup>	Cv, %
Подножие	0–10	0,95	4,0	0,67	6,0
	10–20	0,97	3,9	0,82	1,7
Середина	0–10	0,68	5,5	0,63	2,6
	10–20	0,73	4,8	0,65	2,6
Вершина	0–10	0,69	6,2	0,60	1,5
	10–20	0,73	6,2	0,65	2,6

Содержание аммонийного азота в почве залежей за три года исследований в течение всего периода вегетации низкое или среднее. Различия по содержанию аммонийного азота при сравнении почвы необработанной и обработанной залежи статистически не достоверные (табл. 8). Обеспеченность почвы необработанной залежи нитратным азотом очень низкая или низкая. После распашки залежи и её сельскохозяйственного использования существенно активизируются процессы нитрификации за счет оптимизации гидротермических условий и агрофизических свойств почвы, что

способствует повышению степени обеспеченности нитратным азотом до 3 класса, то есть средней. При этом существенно увеличивается суммарное содержание подвижных минеральных форм азота, оцениваемое как повышенное, что доказывается высокой величиной коэффициента достоверности различий.

**Таблица 8**

Достоверность различий ( $t_{\text{факт}}$  при  $t_{\text{теор}}=2,1$ ,  $n=36$ ) содержания минеральных форм азота в почве

Объект	Показатели в слое 0–20 см почвы			
	N-NH <sub>4</sub> , мг/кг	$t_{\text{факт}}$	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	$t_{\text{факт}}$
Необработанная залежь	6,4	0,3	3,0	6,0
Обработанная залежь (пашня)	6,2		8,6	

В таблице 9 приведены результаты определения аккумуляции почвенной массы с поверхностным стоком в разных частях склона катены. Зафиксирована аккумулялирующая функция выположенной середины склона введённой в пашню залежи и подножия склона чистой залежи. В нижней части склона необработанной залежи аккумуляция почвенной массы проявляется интенсивнее. За счёт задернованности поверхности хорошо развитой травянистой растительности на вершине и середине склона залежи, мелкозем почвы здесь менее подвержена сносу. Более выраженная крутизна склона при переходе от средней к нижней части склона катены способствует увеличению сноса почвенной массы и дальнейшей ее аккумуляции.

**Таблица 9**

Аккумуляция почвенной массы с поверхностным стоком и её пространственное варьирование ( $C_v$ )

Часть склона	Необработанная залежь			Обработанная залежь (пашня)		
	масса почвы, т/га (n=9)		$C_v$ , %	масса почвы, т/га (n=9)		$C_v$ , %
	с 16.04 по 16.07.2018	с 17.07 по 16.10.2018		с 16.04 по 16.07.2018	с 17.07 по 16.10.2018	
Вершина	15,5	49,0	11,6	32,9	154,2	26,5
Середина	14,5	19,9	8,6	153,2	110,2	21,4
Подножие	126,0	69,5	6,1	18,1	120,0	13,4

По величине коэффициента варьирования установлена слабая пространственная неоднородность эрозионной почвенной массы всех частей склона катены на залежи с существенным увеличением «пестрополя» при её распашке, особенно в середине и подножие склона.

Коэффициенты сноса и аккумуляции почвенной массы (табл. 10) свидетельствуют о значительно меньшей подверженности ее переносу на необработанной залежи, где сдерживанию эрозии способствует наличие большого количества органических остатков травянистой растительности и дернины, а также богатство почвенной биотой и высокое содержание гумуса.

**Таблица 10**

Коэффициенты сноса (потерь) и аккумуляции почвенной массы (n=9)

Сопоставляемые части склона	Необработанная залежь		Обработанная залежь (пашня)	
	снос	аккумуляция	снос	аккумуляция
Подножие – вершина	1,68	0,60	0,42	4,80
Середина – вершина	0,39	5,60	1,76	0,65
Подножие – середина	4,72	0,57	0,20	6,05

Аккумулялирующая функция свойственна середине склона на обработанной залежи по сравнению с вершиной и подножием (см. табл. 7). Достаточно существенное повышение коэффициента сноса почвенной массы на пашне требует особого внимания, свидетельствуя о том, что при повторном освоении массива залежи требуется почвозащитная технология обработки почвы и посев (посадка) противоэрозионных сельскохозяйственных культур.

Доля биоты в эрозионном стоке достаточно высокая, особенно в середине склона (табл. 11). Больше всего это характерно для необработанной залежи, где в данный период идет отмирание

растений и поступление органической массы в почву, существенно улучшая эдафические условия жизнедеятельности почвенной биоты. Зафиксирована довольно значительная доля биоты в средней точке катены на залежи, где в этот период почва лучше прогрелась и была суше, чем на вершине склона. Это могло способствовать миграции организмов в данную точку катены.

**Таблица 11**

Соотношение почвенной массы и биоты (%) в эрозионном стоке почвы с 16.07 по 16.10.2018 г. (n=9)

Часть склона	Необработанная залежь		Обработанная залежь (пашня)	
	мелкозём	биота	мелкозём	биота
Подножие	90,5	9,5	94,8	5,2
Середина	78,0	22,0	91,4	8,6
Вершина	91,3	8,7	93,2	6,8

За счёт тяжёлого гранулометрического состава, высокой степени гумусированности, большой доли обменного кальция в поглощающем комплексе тёмно-серых почв, в условиях соблюдения агротехнологий обработки поперек склона, процессы эрозии ослаблены. Хорошо коагулирующие органоминеральные коллоиды, склеивающие твёрдые частицы (механические элементы), образуют водопрочную структуру, препятствующую образованию сноса почвенной массы и развитию эрозии. Большое значение имеет количество органических остатков, как надземных, так и мортмассы корней не только на необработанных залежах, но и на повторно распаханых их вариантах. Минерализация органических остатков также способствует коагуляции почвенных коллоидов, приводящей к сцеплению почвенной массы, сдерживающей развитие эрозионных процессов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на необработанной и повторно введенной в пашню залежи различия абиотических факторов, трансформация показателей плодородия постагрогенной тёмно-серой глееватой почвы определяются положением частей склона в катене. Установлена более сильная прогреваемость почвы на распаханном участке по сравнению с необработанной залежью. Почва на вершине склона, относительно других точек, практически всегда характеризуется более высокой температурой. Влагообеспеченность почвы обработанной и необработанной залежи оценивается как оптимальная. Содержание влаги на обработанной залежи за три года исследования выше на 6% в слое 0–20 см, чем на необработанной залежи.

Доля агрономически ценных фракций возрастает в почве всех частей склона в катене на обработанной залежи. Максимальная сумма агрономически ценных фракций установлена в почве средней части склона как необработанной, так и повторно освоенной залежи. Плотность сложения почвы оценивается как оптимальная; при обработке и сельскохозяйственном использовании залежи она снижается. Более высокой плотностью сложения отличается почва подножия склона за счёт утяжеления гранулометрического состава.

Содержание аммонийного и нитратного азота в почве необработанной залежи низкое. Существенно усиливаются процессы минерализации и активизируется нитрификационная способность почв при распашке залежи за счёт оптимизации комплекса условий и факторов, приводящей к повышению степени обеспеченности минеральным азотом на два класса.

По коэффициентам сноса и аккумуляции установлено очень слабое проявление процессов эрозии в почве обоих объектов исследования за счёт тяжёлого гранулометрического состава, высокой степени гумусированности, большой доли обменного кальция в поглощающем комплексе.

Максимальная интенсивность протекания почвенных режимов и процессов, трансформации почвенных свойств характерны для подножия склона необработанной залежи и середины склона освоенной залежи.

Комплекс изученных показателей почвенного плодородия свидетельствует о возможности введения в пашню залежи, находящейся в корневищно-дерновинной стадии сукцессии, формирующейся на тёмно-серой постагрогенной слабоподзоленной глееватой почве Красноярской лесостепи.

ЛИТЕРАТУРА

- Андина В.А., Ковалёва Е.В., Чикин Н.В. Анализ динамики состояния и использования сельскохозяйственной категории земель на территории Красноярского края // Вектор ГеоНаук. 2022. Том 5. № 2. С. 35–40. <https://doi.org/10.24412/2619-0761-2022-2-35-40>
- Булгаков Д.С., Чупрова В.В., Шпедт А.А. Проблемы использования в Красноярском крае земель, выбывших из сельскохозяйственного оборота, и пути их решения // Агрэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А.Л. Иванова. Москва: Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. С. 271–274.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Владыченский А.С., Телеснина В.М., Чалая Т.А. Изменение экологических функций постагрогенных почв // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов IV Всероссийской научной конференции с международным участием, (Томск, 1–5 сентября 2010 г.). Томск, 2010. Том 2. С. 32–35.
- Гиниятуллин К.Г., Шинкарев А.А., Фазылова А.Г., Кузьмина К.И., Шинкарев А.А. Пространственная неоднородность вторичной аккумуляции гумуса в старопашотных горизонтах залежных светло - серых лесных почв // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2012. Том. 154. № 4. С. 61–70.
- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2021 году» / Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края, КГБУ «ЦРМПиООС». Красноярск, 2022. 317 с.
- Годовой доклад «О состоянии и использовании земель Красноярского края за 2020 год» / Составлен специалистами Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Красноярскому краю и филиала ФГБУ «ФКП Росреестра» по Красноярскому краю. Красноярск, 2020.
- ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. Москва: Госстандарт СССР, 1985.
- ГОСТ 26951-86. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. Москва: Госстандарт СССР, 1986.
- ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. Москва: Издательство стандартов, 1989.
- Данилов А.Н. Изменение плодородия почвы в катене на залежи (на примере Манского района Красноярского края) // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2017. № 20. С. 52–55.
- Данилов А.Н. Влияние распашки на плодородие агросерой почвы залежи в катене // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 2(143). С. 180–190.
- Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 384 с.
- Ерёмин Д.И. Залечь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопашотных черноземов лесостепной зоны Зауралья // Плодородие. 2014. № 1(76). С. 24–26.
- Захаренко В.А. Тенденции роста бросовых земель, изменения и управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем // Агрэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А.Л. Иванова. Москва: Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. С. 97–111.
- Зыбалов В.С., Кокарева М.Н. Агрэкологическая оценка агроценозов и залежных почв южной лесостепи Челябинской области // Вестник Челябинского агроинженерного университета. 2005. Том 45. С. 91–93.
- Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розова, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.
- Колпакова О.П. Введение в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения Красноярского края // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 2. С. 55–66. <https://doi.org/10.36718/2500-1825-2023-2-55-66>
- Кузнецова И.В., Тихонравова П.И., Бондарев А.Г., Кузнецова И.В. Изменение свойств залежных серых лесных почв // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1142–1150.

Куткина Н.В., Еремина И.Г. Восстановление плодородия каштановых почв в условиях залежи // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 4. С. 9–11.

Люри Д.И., Горячкин С.В., Нефедова Т.Г., Денисенко Е.А. Закономерности вывода из оборота сельскохозяйственных земель России и мире и процессы постагрогенного развития залежей // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А.Л. Иванова. Москва: Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. С. 45–71.

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.

Михеева И.В. Вероятностно-статистические модели свойств почв. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2001. 198 с.

Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. с215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>

Попков А.П., Сорокина О.А. Влияние направления использования залежей на некоторые агрофизические свойства почв // АгроЭкоИнфо. 2023а. № 1. <https://doi.org/10.51419/202131128>

Попков А.П., Сорокина О.А. Влияние повторного освоения залежей на свойства почв в Красноярской лесостепи // АгроЭкоИнфо. 2023б. № 2. <https://doi.org/10.51419/202132223>

Савич В.И., Гукалов Е.Н., Мансуров Б.А. Агроэкологическая оценка развития эрозии во времени и пространстве // Плодородие. 2016. № 3. С. 40–42.

Сорокина О.А., Токавчук В.В., Рыбакова А.Н. Постагрогенная трансформация серых почв залежей. Красноярск: КрасГАУ, 2016. 239 с.

Танасиенко А.А. Специфика эрозии почв в Сибири. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. 176 с.

Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Гумусовое состояние и рациональное использование почв залежных земель Приенисейской Сибири // Достижение науки и техники АПК. 2017. Том 31. № 5. С. 5–8.

Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Тренды гумусного состояния залежных агропочв сельскохозяйственных ландшафтов Красноярского края // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография в пяти томах. Том II. Под редакцией В.Г. Сычева, Л. Мюллера. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. С. 113–117. <https://doi.org/10.25680/5875.2018.40.67.120>

Якутина О.П., Данилова А.А., Нечаева Т.В. Комплексная оценка состояния залежных почв эродированного склона на юге Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2022. № 1. С. 21–28. <https://doi.org/10.26178/AE.2022.23.73.005>

*Поступила в редакцию 22.05.2024*

*Принята 23.07.2024*

*Опубликована 05.09.2024*

#### **Сведения об авторах:**

**Сорокина Ольга Анатольевна** – доктор биологических наук, профессор, Красноярский государственный аграрный университет (г. Красноярск, Россия); [geos0412@mail.ru](mailto:geos0412@mail.ru)

**Данилов Андрей Николаевич** – аспирант, Красноярский государственный аграрный университет (г. Красноярск, Россия); [daniloff.andrey-n@yandex.ru](mailto:daniloff.andrey-n@yandex.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Soil fertility transformation of abandoned soils along a catena in the Krasnoyarsk forest-steppe

© 2024 O. A. Sorokina , A. N. Danilov 

Krasnoyarsk State Agrarian University, Mira Avenue, 90, Krasnoyarsk, Russia, E-mail: [geos0412@mail.ru](mailto:geos0412@mail.ru)

**The aim of the study** was to assess the transformation of some abiotic factors and soil fertility indicators, as well as erosion progress in the post-agrogenic dark-gray glei soil, undergoing spontaneous revegetation after abandonment, and after it was once again put into agricultural use (ploughed) on a catena in the Krasnoyarsk forest-steppe.

**Location and time of the study.** The study was conducted in the Krasnoyarsk forest-steppe in 2017-2019 using 1) abandoned dark-gray glei soil and 2) the same abandoned soil after it was again put into agricultural use and tilled. The studied land, abandoned for 18 years prior to the beginning of the study, reached the quasi-steady state of succession with grasses, forbs and herbs, forming rhizomes, turfs and bunches. In 2016 a portion of the abandoned land was ploughed, i.e. again turned into arable land.

**Methods.** Catenary approach to soil studies was used: at the east-exposed slope with 1.8° inclination a catena was chosen, composed of a summit, backslope and footslope. The abandoned land consisted of two sites: 1) abandoned land, AS, and 2) abandoned land that was again used as an arable one (ASA). At each catenary position soil profile morphology was described, genetic horizons characterized, soil bulk density and structural composition determined, the latter based on the agronomically valuable fractions (AVF). Soil temperature and moisture were measured in 0-10 and 10-20 cm soil layers from May till August. Mobile mineral nitrogen forms (N-NO<sub>3</sub> and exchangeable N-NH<sub>4</sub>) were also measured. Using the so-called soil traps the possibility of water erosion flow and of the processes of fine earth and biota accumulation downward the catena was assessed. Soil samples were collected in triplicates, and all analyses were also performed with three replicates.

**Results.** All catenary position displayed fully developed soil profiles at the AS. The soil was identified as dark gray post-agrogenic weakly podzolized glei clay soil, developed on the brown clay. The former arable layer (the so-called ploughed sole) could be clearly seen, thus confirming the post-agrogenic stage of land development. The ASA was found to be better heated due to less covered soil surface. At the summit the temperature was higher as compared with other positions of the catena. Soil water content over three years at the ASA site was significantly higher as compared with the AS one. High humus content and AVF share resulted in very small fraction of silt. Mechanical tillage of the abandoned soil (i.e. at the ASA site) did not decrease the lumpy fraction. The structure of all studied soils according to their AVF fraction could be characterized as good or excellent. The AVF were found to increase downward the ASA catena.

Due to heavier granulometric composition at the AS accumulative position the soil there was denser. After the AS site was ploughed, soil bulk density somewhat decreased at the transit and accumulative positions. The exchangeable N-NH<sub>4</sub> content at both sites was rather low and did not differ. After ploughing the AS site, which had low nitrate content, the nitrate content increased by 1-2 grades at the ASA site.

Judging by the coefficients of soil transfer and accumulation, the former was much less at the ASA site. The backslope was characterized by higher soil mass accumulation as compared with the summit and the footslope. The biota share was rather high, especially at the AS backslope.

**Conclusions.** The difference in abiotic factors and fertility indicator of the dark-gray glei soil at the abandoned site and the adjacent site ploughed again is determined by the relief position. The maximal intensity of soil processed and regimes, as well as soil properties transformation, are characteristic for the foot slope of the abandoned land and the back slope of the abandoned and then ploughed land. So the set of soil fertility properties of the post-agrogenic dark-gray glei soil in the Krasnoyarsk forest steppe showed the possibility to turn the long-term abandoned land into arable.

**Keywords:** abandoned land; catena; soil tillage; soil properties; soil mass transfer; accumulation.

**How to cite:** Sorokina O.A., Danilov A.N. Soil fertility transformation of abandoned soils along a catena in the Krasnoyarsk forest-steppe. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e267. DOI: [10.31251/pos.v7i3.267](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.267) (in Russian with English abstract).

### REFERENCES

- Andina V.A., Kovalyova E.V., Chikin N.V. Analysis of the dynamics of the state and use of agricultural land categories in the territory of the Krasnoyarsk Territory. *Vector of Geosciences*. 2022. Vol. 5. No. 2. P. 35–40. (in Russian). <https://doi.org/10.24412/2619-0761-2022-2-35-40>
- Bulgakov D.S., Chuprova V.V., Shpedt A.A. Problems of using lands in the Krasnoyarsk territory that has been withdrawn from agricultural use and ways of their solution. In book: *Agro-ecological state and prospects of utilization of Russian lands retired from active agricultural turnover*. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference / Edited

by Acad. A.L. Ivanov. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy, 2008. P. 271–274. (in Russian).

Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods of research of physical properties of soils. Moscow: Agropromizdat Publ., 1986. 416 p. (in Russian).

Vladychensky A.S., Telesnina V.M., Chalaya T.A. Change in ecological functions of post-agrogenic soils/ In book: Reflection of bio-, geo-, anthropospheric interactions in soils and soil cover. Proceedings of the IV All-Russian Scientific Conference with international participation, (Tomsk, 1–5 September, 2010). Tomsk, 2010. Vol. 2. P. 32–35. (in Russian).

Giniyatullin K.G., Shinkarev A.A., Fazylova A.G., Kuzmina K.I., Shinkarev A.A. Spatial heterogeneity of secondary humus-accumulation in old-arable horizons of fallow light-gray forest soils. Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki (Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series). 2012. Vol. 154. No. 4. P. 61–70. (in Russian).

Report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk territory in 2021". Krasnoyarsk, 2022. 317 p. (in Russian).

Report "On the state and use of land in the Krasnoyarsk territory for 2019". Krasnoyarsk, 2020. (in Russian).

GOST 26489-85. Soils. Determination of exchangeable ammonium by CINAO method. Moscow: USSR Gosstandart, 1985. (in Russian).

GOST 26951-86. Soils. Determination of nitrate by ionometric method. Moscow: USSR Gosstandart, 1986. (in Russian).

GOST 28268-89. Soils. Methods of determination of moisture, maximum hygroscopic moisture and moisture of steady plant fading. Moscow: Standard Publ. House, 1989. (in Russian).

Danilov A.N. Change of soil fertility in the catena on deposits (evidence from Mansky district of Krasnoyarsk region). Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta imeni N.F. Katanova. 2017. No. 20. P. 52–55. (in Russian).

Danilov A.N. Influence of cutting on fertility by agrosora soils provides in catena. Bulletin of Krasnoyarsk Agrarian University. 2019. No. 2 (143). P. 180–190. (in Russian).

Report on the state and use of agricultural lands of the Russian Federation in 2020. Moscow: Rosinformagroteh, 2022. 384 p. (in Russian).

Eremin D.I. following as a means for restoring the content and reserves of humus in old arable chernozems of the Transural forest-steppe zone. Plodorodie. 2014. No. 1 (76). P. 24–26. (in Russian).

Zakharenko V.A. Trends in the growth of abandoned land, changes in the management of phytosanitary condition of agroecosystems. In book: Agro-ecological state and prospects of utilization of Russian lands retired from active agricultural turnover. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference / Edited by Acad. A.L. Ivanov. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy, 2008. P. 97–110. (in Russian).

Zybalov B.C., Kokareva M.N. Agroecological assessment of agrocenoses and fallow soils of the southern forest-steppe of the Chelyabinsk region. Vestnik Chelyabinskogo agroinzhenernogo universiteta. 2005. Vol. 45. P. 91–93. (in Russian).

Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Frieв. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).

Kolpakova O.P. Introduction of unused agricultural land of the Krasnoyarsk Region. Socio-economic and humanitarian journal. 2023. No. 2. P. 55–66. (in Russian). <https://doi.org/10.36718/2500-1825-2023-2-55-66>

Kuznetsova I.V., Tikhonravova P.I., Bondarev A.G. Changes in the properties of cultivated gray forest soils after their abandoning. Eurasian Soil Science. 2009. Vol. 42. No. 9. P. 1062–1070.

Cutcina N.V., Eremina I.G. Restoring soil fertility in deposits of chestnut. Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex). 2011. No. 4. P. 9–11. (in Russian).

Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Nefedova T.G., Denisenko E.A. Regularities of withdrawal of agricultural lands from turnover in Russia and the world and the processes of postagrogenic development of fallow lands. In book: Agro-ecological state and prospects of utilization of Russian lands retired from active agricultural turnover. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference / Edited by Acad. A.L. Ivanov. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy, 2008. P. 45–71. (in Russian).



Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of Agricultural lands of Russia in XX century and Postagrogenic Restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).

Mikheeva I.V. Probabilistic-statistical models of soil properties. Novosibirsk: Publ. House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2001. 198 p. (in Russian).

Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). The Journal of Soils and Environment. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>

Popkov A.P., Sorokina O.A. Influence of the direction of use of deposits on some agrophysical properties of soils. AgroEcoInfo. 2023a. No. 1. (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202131128>

Popkov A.P., Sorokina O.A. Influence of redevelopment of deposits on soil properties in the Krasnoyarsk forest-steppe. AgroEcoInfo. 2023b. No. 2. (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202132223>

Savich V.I., Gukalov V.N., Mansurov B.A. Agroecological estimation of erosion development in time and space. Plodorodie. 2016. No. 3. P. 40–42. (in Russian).

Sorokina O.A., Tokavchuk V.V., Rybakova A.N. Postagrogenic transformation of grey forest fallow soils. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2016. 239 p. (in Russian).

Tanasienko A.A. Specific features of soil erosion in Siberia. Novosibirsk: Published by Siberian Branch of RAS, 2003. 176 p. (in Russian).

Shpedt A.A., Trubnikov Y.N. Humic State and Rational Use of Idle Lands of Yenisey Siberia. Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex). 2017. Vol. 31. No. 5. P. 5–8. (in Russian).

Shpedt A.A., Trubnikov Yu.N. Trends of the humus status of set-aside soils in agricultural landscapes of the Krasnoyarsk region. In book: New Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia. Monograph in five volumes. Vol. II. Edited by V.G. Sychev, L. Muller. Moscow: Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, 2018. P. 113–117. (in Russian). <https://doi.org/10.25680/5875.2018.40.67.120>

Yakutina O.P., Danilova A.A., Nechaeva T.V. Comprehensive assesment of fallow soils in the south of Western Siberia. Agrochemistry and ecology problems. 2022. No. 1. P. 21–28. (in Russian). <https://doi.org/10.26178/AE.2022.23.73.005>

*Received 22 May 2024*

*Accepted 23 July 2024*

*Published 05 September 2024*

#### **About the authors:**

**Olga A. Sorokina** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Agrarian University (Krasnoyarsk, Russia); [geos0412@mail.ru](mailto:geos0412@mail.ru)

**Andrey N. Danilov** – postgraduate, Krasnoyarsk State Agrarian University (Krasnoyarsk, Russia); [daniloff.andrey-n@yandex.ru](mailto:daniloff.andrey-n@yandex.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК 631.41: 631.452

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.281>

## Сравнительная характеристика свойств и агрохимического статуса почв разного типа землепользования в лесостепи Западной Сибири

© 2024 Т. В. Нечаева , Е. Н. Смоленцева 

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru), [esmolenceva@issa-siberia.ru](mailto:esmolenceva@issa-siberia.ru)

**Цель исследования.** Оценить изменения комплекса свойств и агрохимический статус почв разного типа землепользования (целина, паашня, залежь) в лесостепной зоне Западной Сибири.

**Место и время проведения.** Отбор почвенных образцов ( $n=27$ ) проводили в Искитимском районе Новосибирской области летом 2020 года из полнопрофильных разрезов по генетическим горизонтам на трёх участках: (1) Целина ( $54,668^\circ$  с.ш.,  $83,125^\circ$  в.д.) – бобово-разнотравно-злаковая луговая степь; (2) Паашня ( $54,662^\circ$  с.ш.,  $83,093^\circ$  в.д.) – на момент исследования была засеяна ячменно-вико-овсяной смесью; (3) Залежь ( $54,666^\circ$  с.ш.,  $83,098^\circ$  в.д.) – злаково-разнотравный остепнённый суходольный луг, сформированный за 27 лет постагрогенного периода восстановления почвы. На целине диагностировали чернозём глинисто-иллювиальный маломощный среднесуглинистый, на паашне – агрозём тёмный глинисто-иллювиальный мелкий среднесуглинистый, на залежи – агрочернозём глинисто-иллювиальный постагрогенный маломощный среднесуглинистый. По классификации IUSS Working Group WRB почва целины и залежи идентифицирована как Luvic Greyzemtic Chernozem (Siltic), паашни – Luvic Greyzemtic Chernozem (Siltic, Aric).

**Методы.** Почвы проанализировали на содержание органического углерода с пересчётом на гумус; карбонатов; общего и нитратного азота; легкоподвижного и подвижного фосфора; обменной формы калия, кальция и магния; необменной формы калия и магния. Реакцию среды водных почвенных суспензий ( $pH_{вод}$ ) определили потенциометрически; гранулометрический состав почв – методом пипетки с дисперсацией образцов пирофосфатом натрия.

**Основные результаты.** Отличительными признаками морфологии целинного чернозёма являются дернина (горизонт AUrz) и порошисто-зернистая биогенная структура гумусового горизонта, которые разрушаются при распашке и, соответственно, отсутствуют в агрозёме. Для агрочернозёма восстановление этих признаков является важным показателем постагрогенной трансформации. Агрозём имел более низкое, особенно в пахотном слое, содержание гумуса, общего азота и их запасов по сравнению с целинным чернозёмом; при этом за 27-летний период постагрогенного восстановления агрочернозёма произошло некоторое увеличение этих параметров, однако различия между почвами трёх участков землепользования оказались статистически незначимы. Агрохимический статус почв целины, паашни и залежи по величине  $pH_{вод}$ , содержанию в гумусовом горизонте подвижных форм фосфора, калия, кальция и магния определён как благоприятный для выращивания сельскохозяйственных культур.

**Заключение.** Исследованные чернозёмы лесостепной зоны Западной Сибири в целинном, пахотном и залежном состоянии имеют различия в строении профиля и структуре поверхностного горизонта, глубине залегания карбонатов, содержании в профиле подвижного фосфора, обменного магния и необменного калия. В самом верхнем слое (0–5 см) дернины на целине и 27-летней залежи выражена аккумуляция биогенных элементов (органического углерода, общего и нитратного азота, легкоподвижного фосфора и обменного калия). Отсутствие статистически значимых различий между тремя участками землепользования по гранулометрическому составу почв, содержанию карбонатов и легкоподвижного фосфора, содержанию и запасам в гумусовом горизонте (0–30 см) гумуса, общего азота, обменной формы калия и кальция, необменного магния свидетельствует о значительной устойчивости чернозёмов к агрогенным нагрузкам. Земельный участок 27-летней залежи вполне может быть повторно распашан. Однако необходимо подчеркнуть, что урожай возделываемых культур (особенно зерновых) на чернозёмах сибирского региона формируется, в основном, за счёт мобилизации почвенных запасов подвижных форм макроэлементов без компенсации их отчуждения внесением удобрений. При этом скорость и степень агрогенной трансформации сибирских чернозёмов значительно выше, чем в европейской части России. Поэтому необходим мониторинг плодородия чернозёмов при их сельскохозяйственном использовании, в том числе при повторном введении в паашню залежных земель.

**Ключевые слова:** чернозём; Luvic Greyzemtic Chernozem; целина; паашня; залежь; свойства почв; морфология; гранулометрический состав; карбонаты; органический углерод; азот; фосфор; калий; кальций; магний.

**Цитирование:** Нечаева Т.В., Смоленцева Е.Н. Сравнительная характеристика свойств и агрохимического статуса почв разного типа землепользования в лесостепи Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e281. DOI: [10.31251/pos.v7i3.281](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.281)

## ВВЕДЕНИЕ

По имеющимся данным (Люри и др., 2010), из активного сельскохозяйственного оборота России за XX век (1897–2007 гг.) было выведено около 70 млн га угодий; часть из них была «съедена» разрастающимися городами, объектами промышленности и инфраструктуры. Однако подавляющая часть неиспользуемых (бросовых) земель сельскохозяйственного назначения (от 30–45 до более 60 млн га по разным оценкам) преобразовалась в залежные земли (залежи), где главную роль стали играть природные процессы восстановления постагрогенных экосистем. Основными компонентами постагрогенных экосистем, быстро реагирующими на смену экологических условий и отражающими эту взаимосвязь, являются почва и растительность. В ходе постагрогенных сукцессий на залежных землях меняется структура и состав фитоценозов (Дмитриев, Леднев, 2016; Бедарева и др., 2017; Титлянова, Шибарева, 2022; и др.), что, в свою очередь, приводит к значительному увеличению корней, изменению биологической активности почв и накоплению почвенного органического вещества (Кутькина, Еремина, 2011; Денисов, 2016; Кондратова, Абрамова, 2018; Шпедт, Трубников, 2018; Казеев и др., 2020; Овсепян и др., 2020; Рыжова и др., 2020; Наквасина, Шумилова, 2021; Kurganova et al., 2014; и др.), а также способствует изменению структуры верхней части ранее обрабатываемого пахотного слоя и свойств почв (Сорокина и др., 2016; Баева и др., 2017; Якутина, Нечаева, 2019; Соколов, Соколова, 2020; Малышев, 2021; Булышева и др., 2021; Литвинович и др., 2022; Добротворская и др., 2024; Kalinina et al., 2015; Lavrishchev et al., 2024; и др.). Все вышеперечисленные изменения диктуют необходимость мониторинга почвенно-агроэкологического состояния залежных земель России с целью их рационального использования в отраслях народного хозяйства (прежде всего в сельском и лесном) или в качестве возобновлённых природных фитоценозов как части естественных ландшафтов; указанные вопросы более подробно рассматриваются в ряде публикаций (Люри и др., 2010; Джабраилова, 2021; Нечаева, 2023; и др.).

Исследования многих авторов (Зыбалов и др., 2020; Трубников и др., 2021; Бурдуковский, Перепелкина, 2022; Миллер и др., 2023; Азаренко, Бефус, 2024; Сорокина, Попков, 2024; и др.) подтверждают, что залежные земли России могут быть рассмотрены как стабилизирующий компонент агроландшафтов и резерв пахотных угодий. Ограничением для перевода земель из залежи в пашню может служить высокий процент распаханности территории, проявление дефляции почв в сильной степени, наличие крутых склонов (более 7°), загрязнение химическими соединениями и другие причины (Шпедт, Трубников, 2017). Возврат неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот необходимо производить на основе разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия высокого уровня интенсификации с применением достаточных доз удобрений и почвозащитных севооборотов (Добротворская и др., 2024). Очевидно, что технологии освоения залежных земель должны соответствовать их почвенно-агроэкологическому состоянию, экономическим и технологическим ресурсам предприятия, обоснованным перспективам использования вовлечённых земель в активный сельскохозяйственный оборот (Денисов, 2016; Колпакова, 2023; Трубников, Шпедт, 2023; и др.).

Несмотря на то, что чернозёмы представляют собой «золотой» фонд сельскохозяйственных земель сибирского региона (Хмелев, Танасиенко, 2009, с. 62), часть из них по разным причинам в настоящий момент перешла в категорию неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения и оказалась благоприятной средой для восстановления природных ландшафтов, активно зарастая луговой, кустарниковой и древесной растительностью, трансформируясь, таким образом, в постагрогенные залежные экосистемы. Исследования, посвящённые комплексной оценке постагрогенных изменений в почвах разновозрастных залежей Сибирского федерального округа, включающих морфологию, параметры потенциального и эффективного плодородия почв, немногочисленны (Кутькина, Еремина, 2011; Морковкин, Дёмина, 2011; Шпедт, Трубников, 2017; Сорокина, 2018; Миллер и др., 2017; Галеева, 2020; Титлянова, Шибарева, 2022; Курганова и др., 2021; Аксенова, Гиндемит, 2022; Кравцов, Смоленцева, 2022; Якутина и др., 2022; Добрянская, 2023; Азаренко, Бефус, 2024; Добротворская и др., 2024; Кураченко, Колесник, 2024; и др.).

Цель работы – оценить изменения комплекса свойств и агрохимический статус почв разного типа землепользования (целина, пашня, залежь) в лесостепной зоне Западной Сибири. Впервые результаты данного исследования были представлены нами в виде доклада на Международной научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв в современной земледелии», посвящённой 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.) и опубликованы в материалах проведённого мероприятия (Нечаева, Смоленцева, 2024). В данной статье результаты изложены и обсуждены в расширенном виде.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование провели летом 2020 года в лесостепной зоне Западной Сибири, административно – в Искитимском районе Новосибирской области. По почвенно-экологическому районированию территория относится к Предалтайской лесостепной почвенной провинции и характеризуется значительной агрогенной трансформацией: доля пашни составляет 48–64% от общей площади провинции (Карта..., 2013). В почвенном покрове преобладают глинисто-иллювиальные и миграционно-мицелярные чернозёмы и их агрогенные аналоги (Соколова, Смоленцева, 2021).

Нами были выбраны три разных по типу землепользования участка и отобраны почвенные образцы по генетическим горизонтам из полнопрофильных разрезов (одна смешанная проба из трёх повторностей):

**Целина** (54,668° с.ш., 83,125° в.д.) – представляет собой бобово-разнотравно-злаковую луговую степь; отбор проб почвы с глубины 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 35–45, 60–70, 82–92, 100–110 и 120–130 см ( $n = 9$ );

**Пашня** (54,662° с.ш., 83,093° в.д.) – на момент исследования была занята ячменно-вики-овсяной смесью; отбор проб с глубины 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 30–44, 45–55, 65–75 см ( $n = 7$ );

**Залежь** (54,666° с.ш., 83,098° в.д.) – злаково-разнотравный остепнённый суходольный луг, сформированный в течение 27 лет постагрогенного периода восстановления почвы; отбор проб с глубины 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 30–35, 35–45, 55–65, 72–82, 90–100 и 110–120, 130–140 см ( $n = 11$ ).

Итого с трёх участков исследования отобрали 27 смешанных образцов почвы. Плотность сложения почв определили методом режущих цилиндров объёмом 50 см<sup>3</sup> по Качинскому (Вадюнина, Корчагина, 1986). Для выполнения лабораторно-аналитических работ использовали воздушно-сухие образцы почв, просеянные через сито с диаметром ячеек 1 и 0,25 мм (для гумуса и общего азота).

На целине диагностировали чернозём глинисто-иллювиальный маломощный среднесуглинистый, на пашне – агрозём тёмный глинисто-иллювиальный мелкий среднесуглинистый, на залежи – агрочернозём глинисто-иллювиальный постагрогенный маломощный среднесуглинистый (Полевой ..., 2008). По международной классификации IUSS Working Group WRB (2022) почва на целине и залежи идентифицирована как Luvic Greyzemic Chernozem (Siltic), на пашне – Luvic Greyzemic Chernozem (Siltic, Aric); по классификации почв СССР (Классификация ..., 1977) на всех трёх участках исследования диагностировали чернозём выщелоченный маломощный среднесуглинистый.

Лабораторно-аналитические работы провели в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН стандартными почвенно-агрохимическими методами (Практикум ..., 2001): содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) определили мокрым озолением в серно-хромовой смеси (по Тюрину); общего азота ( $N_{общ}$ ) – мокрым озолением с восстановителем-катализатором Кудеярова (по Кьельдалю); карбонатов ( $CaCO_3$ ) – газоволюметрическим методом на кальциметре Голубева; нитратного азота ( $N-NO_3$ ), фосфора легкоподвижного ( $P_{лп}$ ) и подвижного ( $P_n$ ) – колориметрическим методом в вытяжке с 0,015 М  $K_2SO_4$  для  $N-NO_3$  и  $P_{лп}$  (по Карпинскому-Замятиной) и в вытяжке с 0,5 М  $CH_3COOH$  для  $P_n$  (по Чирикову в соответствии с ГОСТ 26204-91); калия, кальция и магния – атомно-абсорбционным методом в вытяжке с 1 М  $CH_3COONH_4$  для обменной формы (по Масловой) и в вытяжке с 1 М  $HNO_3$  для необменной формы калия и магния (по Pratt, Morse); реакцию среды водных почвенных суспензий ( $pH_{вод}$ ) – потенциометрически; гранулометрический состав почв – методом пипетки с диспергацией образцов пирофосфатом натрия. Все расчёты представили на абсолютно-сухую почву.

Зная плотность исследуемых почв и содержание в них органического углерода, подвижных форм фосфора, калия, кальция и магния, рассчитали запасы гумуса и перечисленных макроэлементов в гумусовом горизонте (0–30 см).

Расчёты и построение графиков по изученным свойствам почв целины, пашни и залежи (рис. 2–б) провели с помощью пакета программ Microsoft Office Excel, статистическую обработку – методом дисперсионного анализа с использованием пакета программ прикладной статистики SNEDECOR V. 5.80 (Сорокин, 2012). Сравнения свойств почв трёх участков исследования провели в гумусовом горизонте, где образцы отобраны с одинаковой глубины: 0–5, 5–10, 10–20 и 20–30 см ( $n = 12$ ). К тому же слой 0–30 см соответствует пахотному слою агрозёма, подверженному наибольшему изменению почвенных параметров в случае распашки и вовлечения в сельскохозяйственный оборот целинных и залежных земель. В таблицах 1–5 привели результаты анализа различия средних по фактору «Участок» (в качестве контроля – Целина) с указанием наименьшей существенной разницы (НСР) на уровне значимости 5% ( $\alpha = 0,05$ , обычный эксперимент) и вероятность ошибки ( $p$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

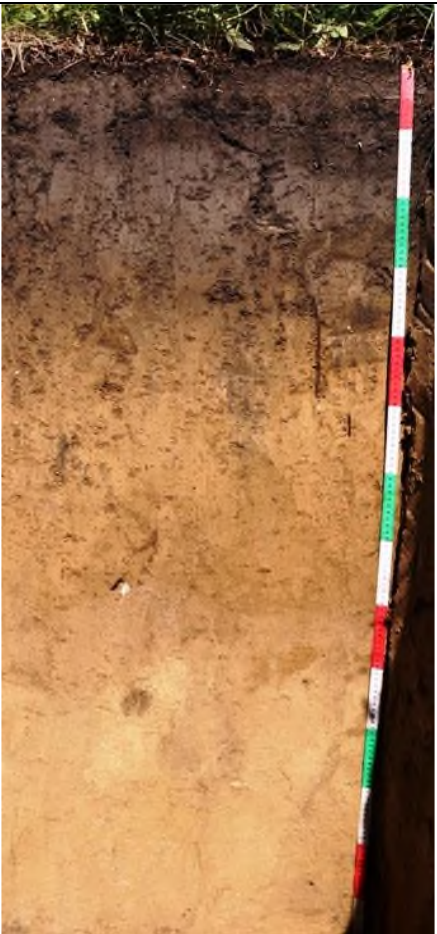

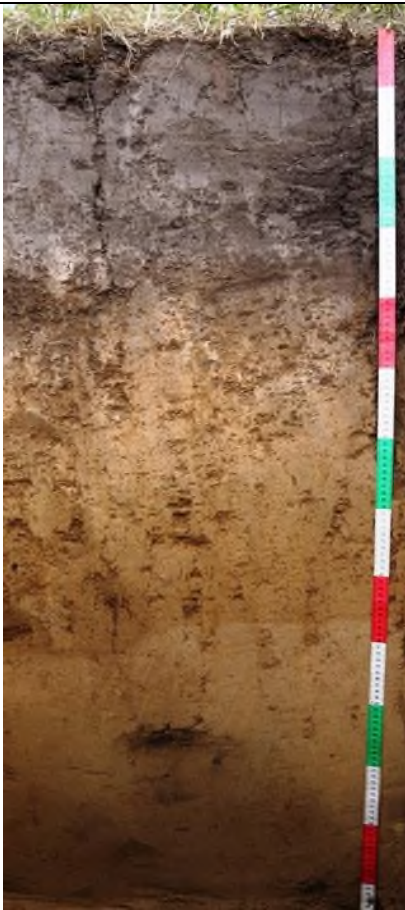
**Морфологическое строение, физические и физико-химические свойства почв.** Строение профиля почв на трёх разных по типу землепользования участках показано на рисунке 1. Типодиагностическими горизонтами целинного чернозёма являются тёмногумусовый (AU) и срединный глинисто-иллювиальный (BI). На поверхности почвы присутствует дернина (AU<sub>urz</sub>, по: Хитров, Герасимова, 2022) мощностью 10 см, которая сформировалась благодаря травянистой растительности с преобладанием дерновинных злаков. Ниже дернины тёмногумусовый горизонт имеет типичную тёмно-серую окраску (10YR 2/1 по шкале Манселла), хорошо выраженную биогенную порошисто-зернистую структуру с обилием копролитов. Пахотная почва отличается от целины только поверхностным агротёмногумусовым (PU) горизонтом с выраженной плужной подошвой в нижней его части и крупно-комковатой структурой. Отличительным признаком залежной почвы является тёмногумусовый постагрогенный (AU<sub>pa</sub>) горизонт с хорошо восстановившейся порошисто-зернистой структурой и вновь сформированной дерниной (AU<sub>urz</sub>) в верхней части профиля. В то же время в залежной почве, несмотря на длительное (27 лет) отсутствие вспашки, сохраняются признаки плужной подошвы, ниже которой расположен небольшой слой целинного тёмногумусового (AU) горизонта. Срединные горизонты почв целины, пашни и залежи сходны: глинисто-иллювиальный (BI) горизонт обладает ореховато-мелкопризматической структурой с тонкими (до 1 мм) гумусово-глинистыми кутанами на гранях агрегатов, в аккумулятивно-карбонатном (BCA) горизонте карбонатные новообразования представлены псевдомицелием.

Почвы трёх участков исследования имеют среднесуглинистый гранулометрический состав: содержание физической глины (ФГ) варьирует от 30 до 44%. Содержание ила и ФГ увеличивается вниз по профилю почв (рис. 2); максимум содержания этих фракций приурочен, преимущественно, к срединному (BI) горизонту. Несмотря на более высокое содержание ила и ФГ в гумусовом горизонте пахотной почвы в сравнении с целиной и залежью, статистически значимых различий в гранулометрическом составе почв трёх участков землепользования не выявлено (табл. 1). Другие авторы (Миллер и др., 2023) отмечают обеднение бывшего пахотного горизонта почв илистыми частицами с увеличением возраста залежей на юге Западной Сибири.

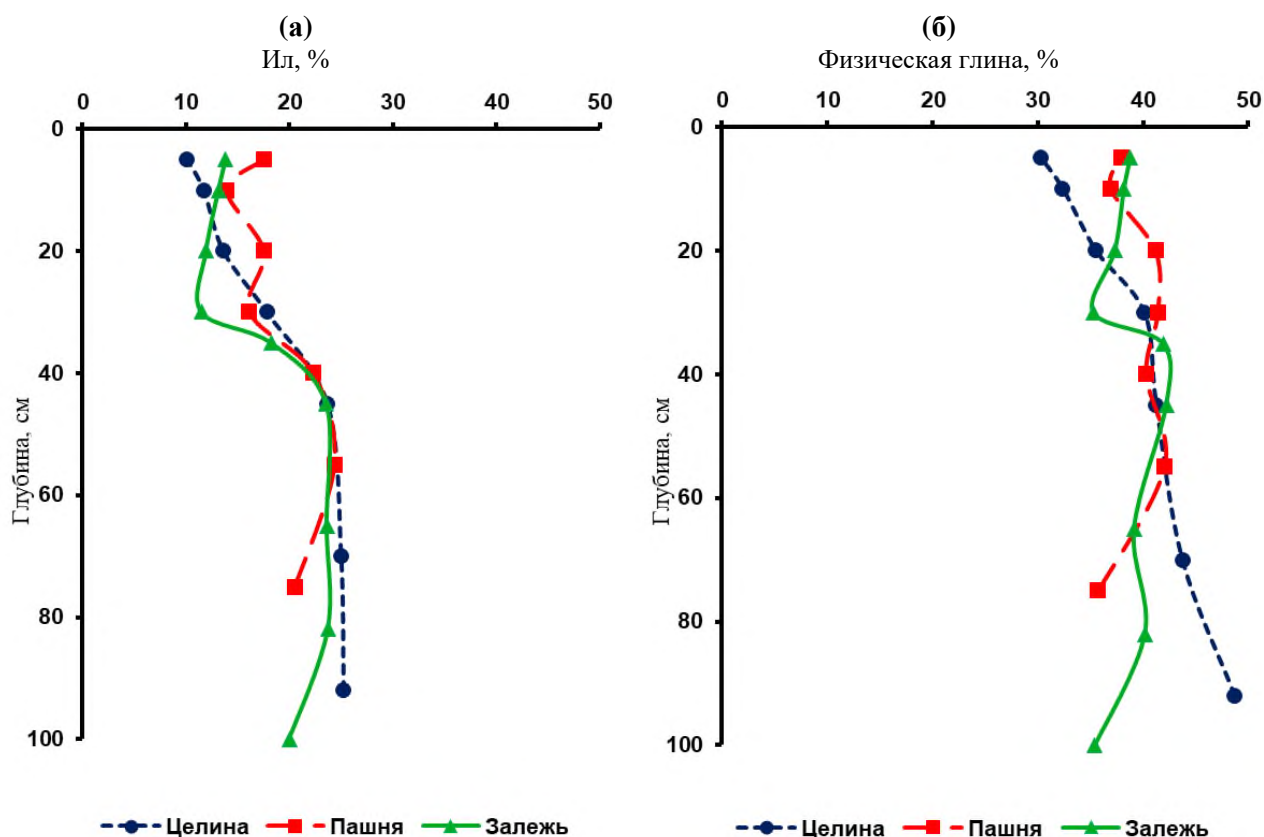
По глубине залегания карбонатов ( $\text{CaCO}_3$ ) в профиле почв трёх участков обнаружены различия: в целине и залежи  $\text{CaCO}_3$  расположены на глубине 80 и 86 см, что характеризует чернозёмы как сильновыщелоченные; в пашне – на глубине 65 см (средневыщелоченный агрозём). Профильное распределение карбонатов имеет элювиально-иллювиальный характер, хорошо выражены зоны их выщелачивания (горизонты AU, BI) и аккумуляции (горизонт BCA). Различий по количеству карбонатов в сравниваемых почвах не установлено как в зоне их выщелачивания, так и аккумуляции: в целине содержание  $\text{CaCO}_3$  варьирует в пределах 2,11–10,19%, в пашне – 1,71–10,62%, в залежи – 1,71–11,03%. Исследование свойств почв залежных рядов в лесостепной зоне европейской части России свидетельствует о трансформации их карбонатного состояния (Булышева и др., 2021), в изученном агрочернозёме лесостепи Западной Сибири после 27 лет постагрогенного периода восстановления почвы подобных изменений не выявлено.

Реакция среды играет важную роль в направленности физико-химических, агрохимических и биологических процессов в почве. Для корневой системы сельскохозяйственных культур оптимальна близкая к нейтральной и слабощелочная реакция среды в пределах 6,0–7,5 единиц (Овчаренко, 2024). Величина  $\text{pH}_{\text{вод}}$  в дерновом слое (0–10 см) почв целины и залежи варьирует от слабокислой до близкой к нейтральной, в тёмногумусовом и срединных горизонтах – нейтральная, в аккумулятивно-карбонатном горизонте и глубже (включая материнскую породу) – щелочная. Агротёмногумусовый и глинисто-иллювиальный горизонты пахотной почвы имеют нейтральную реакцию среды (рис. 3а). Статистически значимых различий по величине  $\text{pH}_{\text{вод}}$  в профиле сравниваемых почв не отмечено.

Таким образом, отличительными признаками морфологии целинного чернозёма являются дернина (горизонт AU<sub>urz</sub>) и порошисто-зернистая биогенная структура гумусового горизонта. Для агрочернозёма эти признаки являются важными показателями постагрогенной трансформации и свидетельствуют о восстановлении почвенной структуры до близкого к целинному состоянию (Люри и др., 2010; Булышева и др., 2021; Малышев, 2021; Кравцов, Смоленцева, 2022; и др.). Это подтверждает ранее установленный факт, что чернозёмы лесостепи Западной Сибири в условиях длительного использования под посевы сельскохозяйственных культур проявляют высокую степень устойчивости к агрогенным нагрузкам, частично сохраняют природную комковато-зернистую структуру и быстро её восстанавливают (Хмелев, Танасиенко, 2009; Курганова и др., 2021).

Целина		Пашня		Залежь	
	AUrz 0–10 см			AUrz 0–10 см	
	AU 10–32 см			PU 0–26 (30) см	AUpa 10–30 см
	BI 32–80 см			BI 30–60 см	AU 30–35 (38) см
	BCA 80–105 см			BCA 60–100 см	BIel 35–50 см
	BCca 105–120 см			BCca 100–120 см	BI 50–70 см
	Cca 120–145 см			Cca 120–130 см	BM 70–86 см
					BCA 86–105 см
		BCca 105–120 см			
		Cca 120–145 см			

**Рисунок 1.** Строение профиля почв трёх разных по типу землепользования участков: целина – чернозём глинисто-иллювиальный маломощный среднесуглинистый; пашня – агрозём тёмный глинисто-иллювиальный мелкий среднесуглинистый; залежь – агрочернозём глинисто-иллювиальный постагрогенный маломощный среднесуглинистый (Полевой ..., 2008). Фото Е.Н. Смоленцевой.



**Рисунок 2.** Содержание ила (а) и физической глины (б) в профиле почв трёх разных по типу землепользования участков.

**Таблица 1**

Содержание ила и физической глины в гумусовом горизонте почв

Участок	Глубина, см				Анализ различия средних	
	0–5	5–10	10–20	20–30	Средние	Различия
Содержание (%): ила (над чертой) и физической глины (под чертой)						
Целина	<u>10,1</u> 30,3	<u>11,7</u> 32,4	<u>13,6</u> 35,5	<u>17,8</u> 40,1	<u>13,3</u> 34,6	Контроль
Пашня	<u>17,5</u> 38,0	<u>13,9</u> 36,9	<u>17,5</u> 41,2	<u>16,1</u> 41,4	<u>16,3</u> 39,4	
Залежь	<u>13,8</u> 38,8	<u>13,2</u> 38,2	<u>12,0</u> 37,3	<u>11,5</u> 35,2	<u>12,6</u> 37,4	
Вывод: по содержанию ила ( $НСР_{05} = 4,32$ , $p = 0,1716$ ) и физической глины ( $НСР_{05} = 5,19$ , $p = 0,1560$ ) различия средних недостоверны						

**Гумусное состояние почв.** К числу важнейших показателей, характеризующих потенциальное плодородие почв, относятся содержание и запасы органического углерода (с пересчётом на гумус), общего азота и их профильное распределение. Среди почв трёх участков исследования наибольшее содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) отмечено в профиле целинного чернозёма; различия между целиной и пашней особенно заметны в гумусовом горизонте (0–30 см) (рис. 3б). Такая же закономерность характерна для общего азота ( $N_{общ}$ ). Например, в слое 0–30 см целины содержание  $C_{орг}$  и  $N_{общ}$  составило в среднем 3,54 и 0,39%, в этом же слое пахотной почвы – 2,51 и 0,32%. В то же время статистически значимых различий по содержанию гумуса, общего азота и их запасам в трёх сравниваемых почвах не установлено (табл. 2).

Профильное распределение  $C_{орг}$  в изученных почвах резко убывающее (см. рис. 3б). В этом заключается специфика фациального «сибирского» признака чернозёмов – небольшая мощность гумусового горизонта, но высокое содержание и запасы гумуса в верхнем полуметровом слое (78–85% от запасов в слое 0–100 см) с довольно резким падением с глубиной (Агрохимические свойства ..., 1989, с. 16; Хмелев, Танасиенко, 2009, с. 107; Смоленцева, 2020).

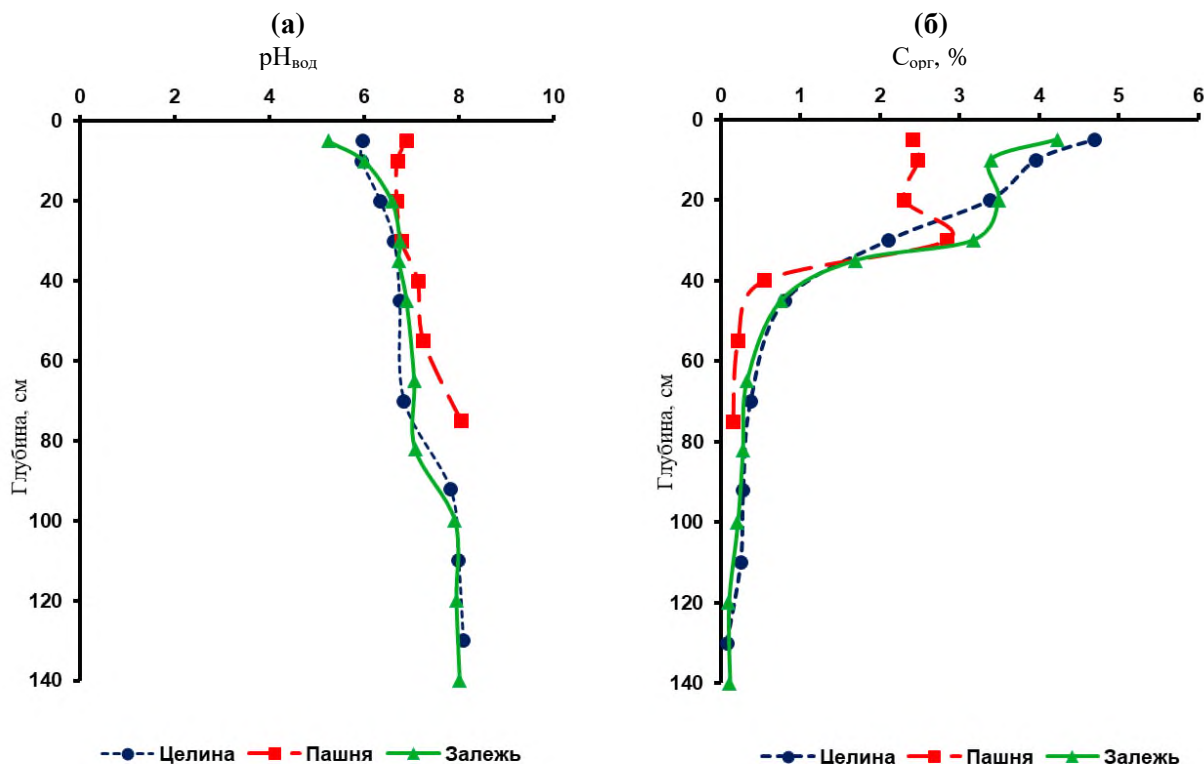


Рисунок 3. Величина рН водных почвенных суспензий (а) и содержание органического углерода (б) в почвах трёх разных по типу землепользования участков.

Таблица 2

Содержание гумуса, общего азота и их запасы в гумусовом горизонте почв

Участок	Глубина, см				Анализ различия средних	
	0–5	5–10	10–20	20–30	Средние	Различия
Гумус: содержание (%), над чертой) и запасы (т/га, под чертой)						
Целина	<u>8,1</u> 32	<u>6,8</u> 35	<u>5,8</u> 61	<u>3,6</u> 46	<u>6,1</u> 43	Контроль
Пашня	<u>4,2</u> 21	<u>4,3</u> 25	<u>4,0</u> 46	<u>4,9</u> 54	<u>4,3</u> 36	-1,77 -6,88
Залежь	<u>7,3</u> 32	<u>5,9</u> 34	<u>6,0</u> 68	<u>5,5</u> 63	<u>6,2</u> 49	<u>0,05</u> 6,16
Вывод: по содержанию гумуса различия средних недостоверны (НСР <sub>05</sub> = 1,95, p = 0,1038), по запасам гумуса – не доказаны на уровне 5% (НСР <sub>05</sub> = 10,33, p = 0,0576)						
Азот общий: содержание (%), над чертой) и запасы (т/га, под чертой)						
Целина	<u>0,52</u> 2,1	<u>0,43</u> 2,2	<u>0,38</u> 3,9	<u>0,23</u> 2,9	<u>0,39</u> 2,8	Контроль
Пашня	<u>0,30</u> 1,5	<u>0,33</u> 1,9	<u>0,33</u> 3,8	<u>0,33</u> 3,6	<u>0,32</u> 2,7	-0,07 -0,06
Залежь	<u>0,44</u> 1,9	<u>0,38</u> 2,2	<u>0,37</u> 4,1	<u>0,35</u> 4,0	<u>0,38</u> 3,1	-0,01 0,31
Вывод: по содержанию общего азота (НСР <sub>05</sub> = 0,11, p = 0,3582) и его запасам (НСР <sub>05</sub> = 0,54, p = 0,2818) различия средних недостоверны						

В целом для оподзоленных и выщелоченных чернозёмов Западной Сибири характерно высокое содержание и запасы гумуса в пахотном слое (0–20 см): в среднем 8,9% и 184 т/га (Агрохимические свойства ..., 1989, с. 28). В нашем исследовании содержание и запасы гумуса в слое 0–30 см агрозёма были средними и составили 4,3% и 146 т/га. В этом же слое почв двух других участков данные параметры были выше и составили 6,1% и 173 т/га в целине, 6,2% и 198 т/га в залежи. Судя по соотношению C:N (молярное) обогащённость гумуса азотом следует оценить как среднюю для всех почв: в слое 0–30 см целины C:N составило 10,6, в пашне и залежи – 9,1 и 10,9.



Итак, с одной стороны, выявлена тенденция снижения параметров потенциального плодородия чернозёмов в условиях агроценоза (особенно в пахотном слое), с другой, их улучшение за 27-летний период постагрогенного восстановления почвы. Такая же закономерность по улучшению гумусного состояния почв залежей установлена и в других работах (Люри и др., 2010; Кутькина, Еремина, 2011; Денисов, 2016; Шпедт, Трубников, 2017, 2018; Якутина, Нечаева, 2019; Зыбалов и др., 2020; Соколов, Соколова, 2020; Кравцов, Смоленцева, 2022; Добрянская, 2023; и др.).

**Агрохимические свойства почв.** В качестве параметров, характеризующих эффективное плодородие почв, рассмотрим содержание подвижных форм азота, фосфора, калия, кальция и магния. Основным источником азотного питания растений в агроценозах служит подвижный минеральный азот, главным образом, его нитратная форма ( $N-NO_3$ ). Среднее содержание  $N-NO_3$  в слое 0–40 см выщелоченных чернозёмов Западной Сибири составляет 13,2 мг/кг (Хмелев, Танасиенко, 2009, с. 134). В гумусовом горизонте трёх исследуемых почв содержание  $N-NO_3$  было очень низким (табл. 3), что указывает на необходимость улучшения азотного питания выращиваемых растений в условиях агроценоза. При этом в пахотной почве данный параметр статистически значимо выше в сравнении с целиной и залежью, что может говорить о более благоприятных условиях микробиологической минерализации органических соединений в почвах пашни и подтверждается данными других исследователей (Сорокина и др., 2016, с. 221).

**Фосфору**, как известно, принадлежит особая роль среди элементов минерального питания, поскольку он контролирует практически все биохимические процессы жизнедеятельности растений. В профиле почв целины и залежи максимальное содержание легкоподвижного фосфора ( $P_{лп}$ ) установлено в верхнем слое дернины (0–5 см), в пашне – в агротёмногумусовом горизонте (см. табл. 3, рис. 4а), что, скорее всего, обусловлено биогенной аккумуляцией фосфора в наиболее гумусированном верхнем слое почв (Люри и др., 2010; Хмелев, Танасиенко, 2009, с. 138; и др.).

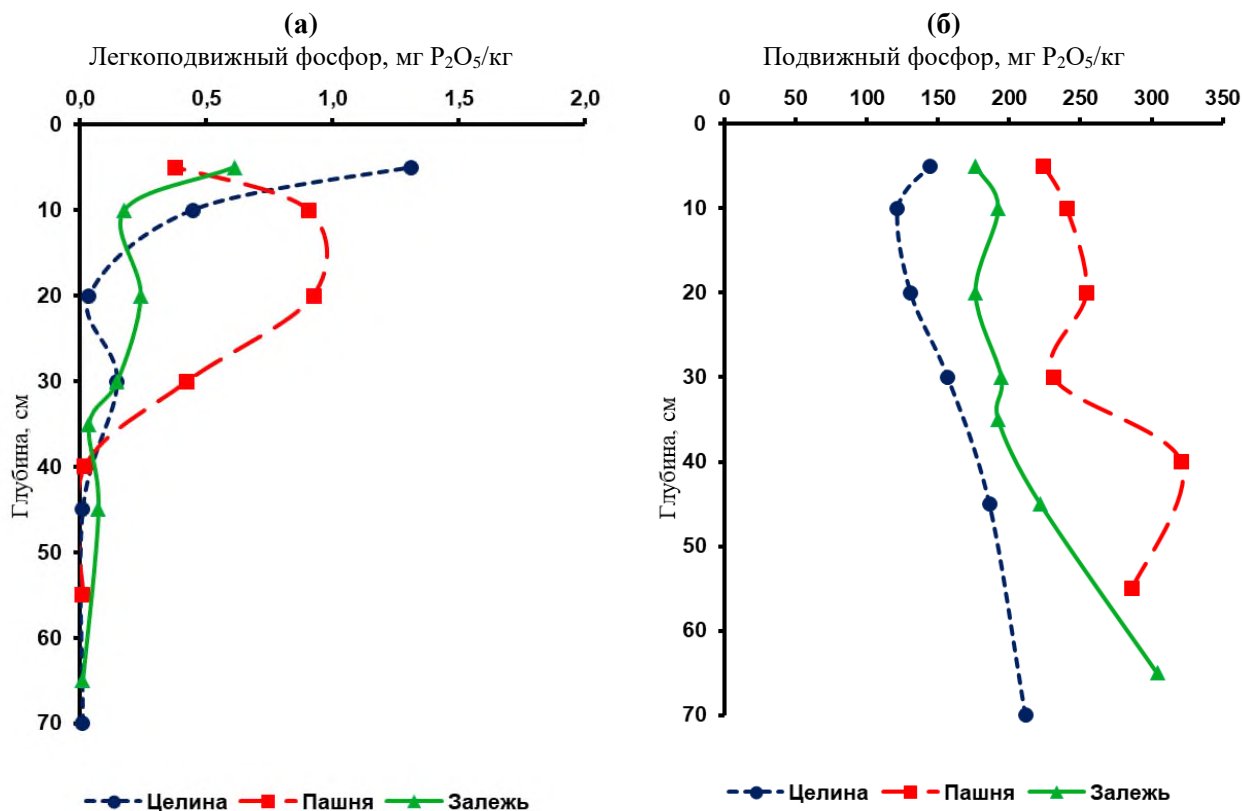
По содержанию и запасам подвижного фосфора ( $P_n$ ) почвы трёх участков выстраиваются в следующий ряд (по убыванию): пашня > залежь > целина (см. табл. 3, рис. 4б). Более высокое содержание  $P_n$  в профиле пахотной почвы может быть связано с частичной распаковкой почвенных агрегатов и увеличением степени гидролиза поверхностных слоёв минералов в условиях агроценоза, как это было ранее отмечено В.Н. Якименко (2003, с. 112) при изучении калийного статуса автоморфных почв Западной Сибири. В то же время в исследованиях О.П. Якутиной (2006) показано, что длительное использование пахотных незероированных земель без возврата отчуждённого с урожаем фосфора приводит к уменьшению содержания всех форм фосфатов в почвах пашни в сравнении с залежью. Содержание  $P_{лп}$  и  $P_n$  в пахотном слое агрозёма соответствует повышенному и высокому уровням обеспеченности фосфором зерновых культур (цит. по: Аверкина и др., 2011).

Таблица 3

Содержание нитратного азота и легкоподвижного фосфора, содержание и запасы подвижного фосфора в гумусовом горизонте почв

Участок	Глубина, см				Анализ различия средних	
	0–5	5–10	10–20	20–30	Средние	Различия
Содержание (мг/кг): нитратного азота ( $N-NO_3$ , над чертой) и легкоподвижного фосфора ( $P_{2O_5_{лп}}$ , под чертой)						
Целина	<u>1,17</u> 1,31	<u>0,83</u> 0,45	<u>0,97</u> 0,04	<u>0,83</u> 0,15	<u>0,95</u> 0,48	Контроль
Пашня	<u>1,41</u> 0,38	<u>1,23</u> 0,91	<u>2,04</u> 0,92	<u>1,65</u> 0,42	<u>1,58</u> 0,66	<u>0,63*</u> 0,17
Залежь	<u>1,14</u> 0,61	<u>0,87</u> 0,17	<u>0,71</u> 0,24	<u>0,97</u> 0,15	<u>0,92</u> 0,29	<u>-0,03</u> -0,19
Вывод: по содержанию нитратного азота ( $HCP_{05} = 0,45$ , $p = 0,0191$ ) различия средних достоверны на уровне 5%, по содержанию легкоподвижного фосфора ( $HCP_{05} = 0,69$ , $p = 0,4803$ ) – недостоверны						
Подвижный фосфор ( $P_{2O_5_n}$ ): содержание (мг/кг, над чертой) и запасы (кг/га, под чертой)						
Целина	<u>145</u> 58	<u>122</u> 62	<u>130</u> 135	<u>157</u> 196	<u>138</u> 113	Контроль
Пашня	<u>224</u> 111	<u>241</u> 138	<u>254</u> 296	<u>231</u> 255	<u>238</u> 200	<u>99,3*</u> 87,4*
Залежь	<u>176</u> 78	<u>192</u> 112	<u>176</u> 199	<u>194</u> 224	<u>185</u> 154	<u>46,4*</u> 40,8
Вывод: по содержанию подвижного фосфора ( $HCP_{01} = 38,1$ ; $p = 0,0002$ ) и его запасам ( $HCP_{01} = 68,0$ ; $p = 0,0091$ ) различия средних достоверны на уровне 1%						

Примечание. \* – разница превышает НСР (5%).



**Рисунок 4.** Содержание легкоподвижного (а) и подвижного (б) фосфора в профиле почв трёх разных по типу землепользования участков.

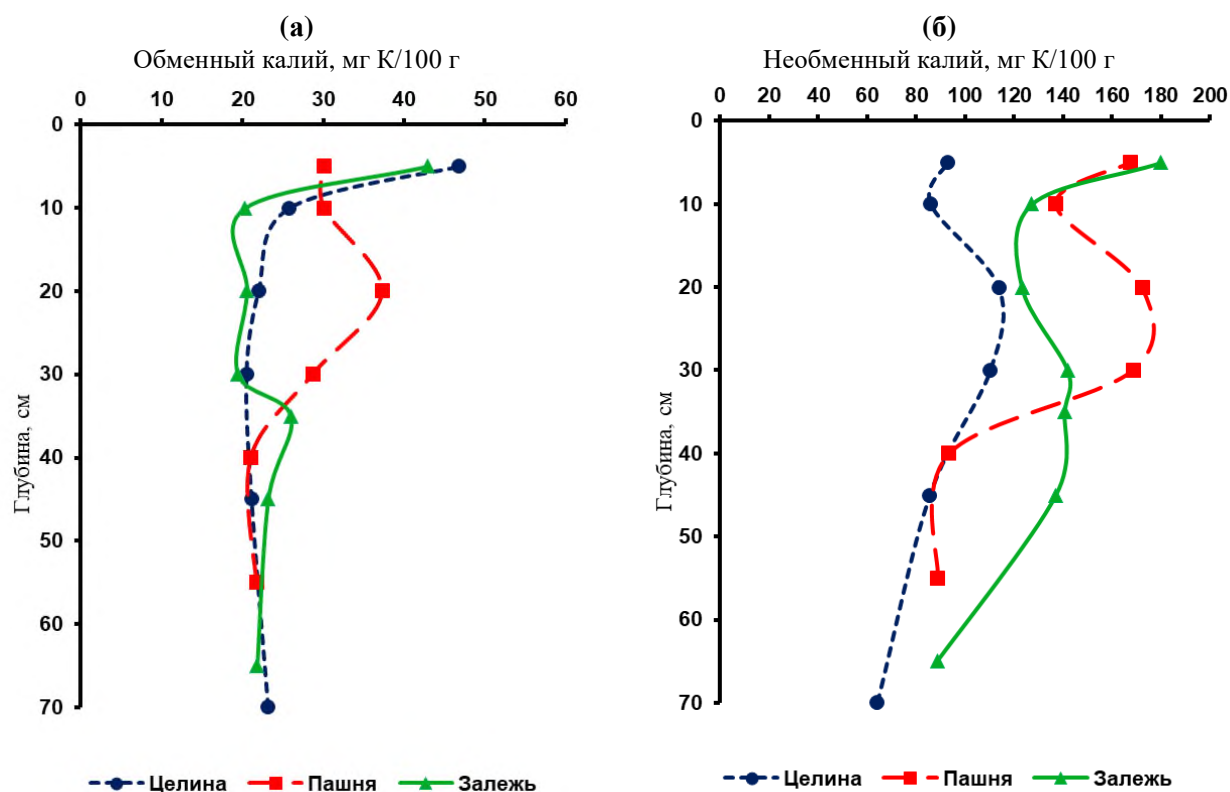
**Калий** – незаменимый элемент минерального питания растений. Как и в случае с фосфором, максимальное содержание обменного калия ( $K_{обм}$ ) в почвах целины и залежи зафиксировано в верхнем слое (0–5 см) дернины в результате биогенной аккумуляции элемента, что особенно выражено в почвах с пышной травянистой растительностью (Середина, 2013). Далее вниз по профилю почв содержание  $K_{обм}$  варьирует незначительно. В профиле пахотной почвы содержание обменного калия изменяется в ещё более узком диапазоне (табл. 4, рис. 5а).

**Таблица 4**

Содержание обменного и необменного калия и их запасы в гумусовом горизонте почв

Участок	Глубина, см				Анализ различия средних	
	0–5	5–10	10–20	20–30	Средние	Различия
К обменный: содержание (мг/100 г, над чертой) и запасы (кг/га, под чертой)						
Целина	<u>47</u> 187	<u>26</u> 131	<u>22</u> 228	<u>21</u> 257	<u>29</u> 201	Контроль
Пашня	<u>30</u> 150	<u>30</u> 173	<u>37</u> 435	<u>29</u> 316	<u>32</u> 268	<u>2,8</u> 67,6
Залежь	<u>43</u> 190	<u>20</u> 119	<u>21</u> 232	<u>19</u> 224	<u>26</u> 191	<u>-3,0</u> -9,4
Вывод: по содержанию обменного калия ( $HCP_{05} = 13,4$ , $p = 0,5976$ ) и его запасам ( $HCP_{05} = 101,6$ , $p = 0,2101$ ) различия средних недостоверны						
К необменный: содержание (мг/100 г, над чертой) и запасы (кг/га, под чертой)						
Целина	93 371	86 436	114 1180	110 1381	<u>101</u> 842	Контроль
Пашня	<u>167</u> 830	<u>137</u> 788	<u>172</u> 2007	<u>169</u> 1856	<u>161</u> 1370	<u>60,6*</u> 528*
Залежь	<u>180</u> 797	<u>127</u> 744	<u>123</u> 1394	<u>142</u> 1638	<u>143</u> 1143	<u>42,4*</u> 301*
Вывод: по содержанию необменного калия ( $HCP_{01} = 45,9$ , $p = 0,0071$ ) и его запасам ( $HCP_{01} = 378$ ; $p = 0,0060$ ) различия средних достоверны на уровне 1%						

Примечание. \* – разница превышает НСР (5%).



**Рисунок 5.** Содержание обменного (а) и необменного (б) калия в профиле почв трёх разных по типу землепользования участков.

В целом сравниваемые почвы не различаются по содержанию и запасам обменного калия. В то же время содержание и запасы необменного калия в почвах пашни и залежи статистически значимо выше в сравнении с целиной (см. табл. 4, рис. 5б). Увеличение содержания необменного калия в почве после распашки может происходить за счёт потенциальных почвенных запасов, главным образом, структурного калия. Интенсификация в условиях агропедогенеза процессов выветривания может быть причиной данного явления, что отмечал В.Н. Якименко (2003, с. 113) при изучении калийного статуса почв агроценозов Западной Сибири.

Следует отметить, что сибирские чернозёмы характеризуются высокой обеспеченностью калием, поэтому урожай возделываемых на них культур (особенно зерновых) формируется в основном за счёт мобилизации почвенных запасов калия (Агрохимические свойства ..., 1989, с. 70; Хмелев, Танасиенко, 2009, с. 147). Это подтверждают и наши данные: содержание обменного и необменного калия в пахотном слое агрозёма составило в среднем 32 и 161 мг К/100 г, соотношение  $K_{обм} : K_{необм}$  равно 5, что соответствует высокому уровню обеспеченности почвы калием. Поэтому в условиях экстенсивного агроценоза (без внесения удобрений) для культур, подобных пшенице по способности к усвоению почвенного калия, его запасы в суглинистых почвах могут служить источником питания в течение длительного времени (Якименко, 2003, с. 133).

Известно, что **кальций**, обеспечивая коагуляцию коллоидных систем, играет важную роль в структурообразовании почв, а **магний** является полифункциональным элементом питания растений. Ранее было установлено (Якутина, Нечаева, 2019), что на юге Западной Сибири намытый слой залежных почв содержит больше обменного кальция ( $Ca_{обм}$ ) в сравнении с погребёнными горизонтами, а обменного магния ( $Mg_{обм}$ ) – столько же, либо меньше. В данной работе содержание и запасы как  $Ca_{обм}$ , так и необменного магния высокие и не отличаются между почвами трёх участков (табл. 5, рис. б). Содержание  $Mg_{обм}$  в почве целины выше, чем в пашне и залежи, что может говорить о потерях элемента за счёт отчуждения растительной продукции. Такая же закономерность получена нами ранее при изучении почв топокатены: в профиле целины содержание  $Mg_{обм}$  было выше, чем в несмытой и смытых почвах пашни (Нечаева, 2022). В длительных полевых опытах В.Н. Якименко (2019) показано, что значительное снижение уровня  $Mg_{обм}$  в почве может быть связано не только с отчуждением элемента с урожаем, но и с процессами выщелачивания за счёт вытеснения магния из почвенно-поглощающего комплекса ионами аммония и, возможно, калия, вносимыми с удобрениями.

Таблица 5

Содержание и запасы обменных кальция и магния, необменного магния в гумусовом горизонте почв

Участок	Глубина, см				Анализ различия средних	
	0–5	5–10	10–20	20–30	Средние	Различия
Кальций обменный ( $Ca_{обм}$ ): содержание (мг/100 г, над чертой) и запасы (кг/га, под чертой)						
Целина	<u>320</u> 1278	<u>383</u> 1940	<u>377</u> 3907	<u>341</u> 4267	<u>355</u> 2848	Контроль
Пашня	<u>351</u> 1742	<u>335</u> 1924	<u>341</u> 3966	<u>363</u> 3995	<u>347</u> 2907	<u>-7,7</u> 58,8
Залежь	<u>281</u> 1244	<u>377</u> 2203	<u>407</u> 4603	<u>376</u> 4343	<u>360</u> 3098	<u>5,1</u> 250
Вывод: по содержанию $Ca_{обм}$ ( $HCP_{05} = 56,5$ , $p = 0,8581$ ) и его запасам ( $HCP_{05} = 464$ , $p = 0,4375$ ) различия средних недостоверны						
Магний обменный ( $Mg_{обм}$ ): содержание (мг/100 г, над чертой) и запасы (кг/га, под чертой)						
Целина	<u>36</u> 143	<u>35</u> 176	<u>41</u> 422	<u>34</u> 432	<u>36</u> 293	Контроль
Пашня	<u>30</u> 151	<u>30</u> 175	<u>34</u> 401	<u>34</u> 379	<u>32</u> 276	<u>-4,0*</u> -16,7
Залежь	<u>26</u> 117	<u>30</u> 178	<u>35</u> 390	<u>30</u> 351	<u>30</u> 259	<u>-6,0*</u> -34,1*
Вывод: по содержанию $Mg_{обм}$ ( $HCP_{01} = 4,7$ ; $p = 0,0091$ ) различия средних достоверны на уровне 1%, по запасам $Mg_{обм}$ ( $HCP_{05} = 33,1$ , $p = 0,1152$ ) – недостоверны						
Магний необменный ( $Mg_{необм}$ ): содержание (мг/100 г, над чертой) и запасы (кг/га, под чертой)						
Целина	<u>245</u> 978	<u>250</u> 1267	<u>387</u> 4015	<u>320</u> 4013	<u>301</u> 2568	Контроль
Пашня	<u>345</u> 1713	<u>396</u> 2280	<u>341</u> 3968	<u>392</u> 4314	<u>369</u> 3069	<u>67,9</u> 500
Залежь	<u>309</u> 1367	<u>348</u> 2035	<u>300</u> 3397	<u>348</u> 4013	<u>326</u> 2703	<u>25,6</u> 135
Вывод: по содержанию $Mg_{необм}$ ( $HCP_{05} = 81,3$ , $p = 0,1997$ ) и его запасам ( $HCP_{05} = 543$ , $p = 0,1440$ ) различия средних недостоверны						

Примечание. \* – разница превышает НСР (5%).

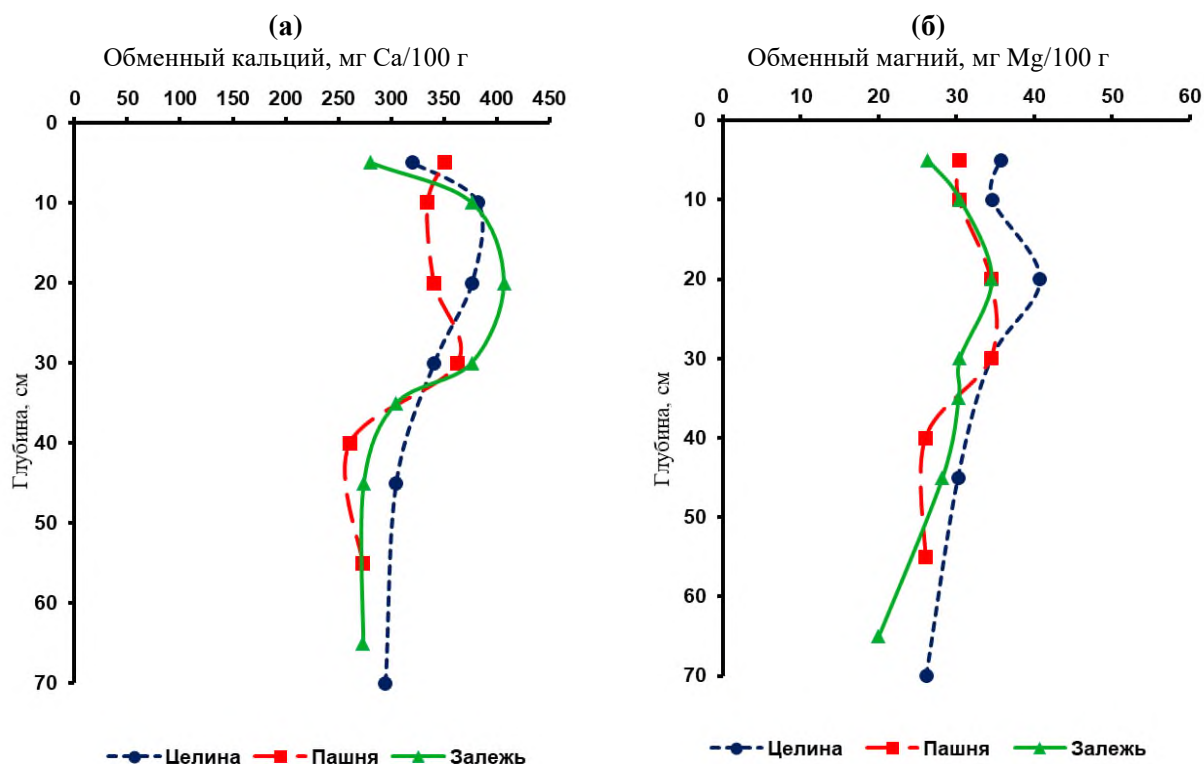


Рисунок 6. Содержание обменных кальция (а) и магния (б) в профиле почв трёх разных по типу землепользования участков.

В пахотном слое агрозёма содержание обменного кальция составило в среднем 17,3 мг-экв  $\text{Ca}^{2+}/100$  г, обменного магния – 2,7 мг-экв  $\text{Mg}^{2+}/100$  г, что указывает на высокую (Ca) и повышенную (Mg) обеспеченность почвы данными элементами питания (Методические ..., 2003, с. 183).

Таким образом, агрохимический статус почв целины, пашни и залежи по величине  $\text{pH}_{\text{вод}}$ , содержанию в гумусовом горизонте подвижных форм фосфора, калия, кальция и магния определён как благоприятный для выращивания сельскохозяйственных культур. Самый верхний слой (0–5 см) дернины на целине и 27-летней залежи отличается наибольшим содержанием органического углерода, общего и нитратного азота, легкоподвижного фосфора и обменного калия. К такому же результату мы пришли ранее при исследовании смыто-намытых почв залежей на юге Западной Сибири, где дерновый слой почв целины и разновозрастных залежей отличался повышенным содержанием подвижных соединений азота, фосфора и калия (Якутина, Нечаева, 2019). Отчётливо выраженная аккумуляция биогенных элементов в верхнем слое (0–10 см) серых почв залежей лесостепной зоны Красноярского края установлена и в многолетних исследованиях О.А. Сорокиной с соавторами (2016, с. 115, 220–221). Такие же закономерности получены для залежных почв европейской части России. Например, анализ изменений запасов углерода серых лесных почв разновозрастных залежей на юге Московской области показал, что наиболее интенсивно углерод аккумулируется в верхнем слое (0–10 см) бывшего пахотного горизонта (Баева и др., 2017). Наиболее значительные постагрогенные изменения по содержанию органического углерода, общего азота и денситометрических фракций органического вещества в тёмно-серой почве Белгородской области и в чернозёме миграционно-мицелярном Курской области установлены в слое 0–5 см (Овсепян и др., 2020). Следовательно, для выявления изменений свойств постагрогенных почв, особенно при исследовании разновозрастных залежей, необходим детальный отбор образцов в самом верхнем слое гумусового горизонта, лучше всего отдельно с глубины 0–5 и 5–10 см.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованные чернозёмы лесостепной зоны Западной Сибири в целинном, пахотном и залежном состоянии имеют различия в строение профиля и структуре поверхностного горизонта, глубине залегания карбонатов, содержании подвижного фосфора, обменного магния и необменного калия. В самом верхнем слое (0–5 см) дернины на целине и 27-летней залежи выражена аккумуляция биогенных элементов (органического углерода, общего и нитратного азота, легкоподвижного фосфора и обменного калия). Отсутствие статистически значимых различий между тремя участками землепользования по гранулометрическому составу почв, содержанию карбонатов и легкоподвижного фосфора, содержанию и запасам в гумусовом горизонте (0–30 см) гумуса, общего азота, обменной формы калия и кальция, необменного магния свидетельствует о значительной устойчивости чернозёмов к агрогенным нагрузкам. Кроме того, сходство в параметрах потенциального и эффективного плодородия почв между целиной и залежью доказывает, что в период постагрогенной трансформации чернозёмов восстанавливаются их гумусное состояние и свойства. Земельный участок 27-летней залежи вполне может быть повторно распахан. Однако необходимо подчеркнуть, что урожай возделываемых культур (особенно зерновых) на чернозёмах сибирского региона формируется в основном за счёт мобилизации почвенных запасов подвижных форм макроэлементов без компенсации их отчуждения внесением удобрений. При этом скорость и степень агрогенной трансформации сибирских чернозёмов значительно выше, чем в европейской части России (Смоленцева, 2020). Поэтому необходим мониторинг плодородия чернозёмов при их сельскохозяйственном использовании, в том числе при повторном введении в пашню залежных земель.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Института почвоведения и агрохимии СО РАН – ведущему инженеру лаборатории агрохимии Г.А. Бугровской, а также инженерам лаборатории географии и генезиса почв и аналитической группы лаборатории биогеохимии почв за помощь в проведении лабораторно-аналитических работ.

## ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию Института почвоведения и агрохимии СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

ЛИТЕРАТУРА

- Аверкина С.С., Синешков В.Е., Ткаченко Г.И. Оценка методов определения фосфатов в черноземах Новосибирской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011. № 11–12. С. 5–10.
- Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений / Гамзиков Г.П., Ильин В.Б., Назарюк В.М. и др. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. 254 с.
- Азаренко Ю.А., Бефус М.В. Плодородие пахотных и залежных лугово-черноземных почв агроландшафтов южной лесостепи Омского Прииртышья // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2024. Том 53. № 1. С. 5–15
- Аксенова Ю.В., Гиндемит А.М. Состояние залежных земель степной зоны Омского Прииртышья и возможность их повторного введения в оборот // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 6. С. 37–44. <https://doi.org/10.31857/S2500262722060084>
- Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Почикалов А.В., Кудеяров В.Н. Физические свойства и изменение запасов углерода серых лесных почв в ходе постагрогенной эволюции (юг Московской области) // Почвоведение. 2017. № 3. С. 345–353. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17030029>
- Бедарева О.М., Троян Т.Н., Мурачёва Л.С., Анциферова О.А., Федюнина О.П., Горшнина Г.В. Освоение залежей под луговые и пастбищные угодья // Известия КГТУ. 2017. № 46. С. 109–120.
- 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. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21080049>
- Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А. Агроэкологическое состояние почв и восстановление растительности в залежных экосистемах // Биота и среда природных территорий. 2022. Том 10. № 2. С. 28–36. [https://doi.org/10.37102/2782-1978\\_2022\\_2\\_3](https://doi.org/10.37102/2782-1978_2022_2_3)
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Галеева Л.П. Свойства почв солонцовых комплексов Барабы в агроценозе пашня–залежь // Агрохимия. 2020. № 7. С. 17–25. <https://doi.org/10.31857/S0002188120070066>
- ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Москва: Издательство стандартов, 1992. 6 с.
- Денисов Ю.Н. Агроэкологическая оценка залежных почв Челябинской области // Агрохимический вестник. 2016. № 5. С. 6–9.
- Джабраилова Б.С. Возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 56–66. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66>
- Дмитриев А.В., Леднев А.В. Влияние периода зарастания на ботанический состав и продуктивность залежных земель // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2016. № 2 (43). С. 7–12.
- Добротворская Н.И., Никкарь К.А., Дельцова К.А., Царюк Г.В. Изменение свойств почв при длительном неиспользовании пашни // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 386–390. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_386](https://doi.org/10.52686/9785605087878_386)
- Добрянская С.Л. Оценка свойств залежи как потенциал для развития органического земледелия // Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.). Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 263–265. <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Зыбалов В.С., Сергеев Н.С., Запезалов М.В. Результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Южного Урала // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 30–37.
- Казеев К.Ш., Трушков А.В., Одабашян М.Ю., Колесников С.И. Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые 3 года залежного режима // Почвоведение. 2020. № 7. С. 901–910. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070059>
- Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Под ред. Г.В. Добровольского, И.С. Урусовой. Москва, 2013. 16 листов.

- Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розова, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.
- Колпакова О.П. Введение в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения Красноярского края // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 2. С. 55–66. <https://doi.org/10.36718/2500-1825-2023-2-55-66>
- Кондратова А.В., Абрамова Е.Р. Особенности формирования тонких корней на различных стадиях восстановления постагрогенных экосистем в зоне южной тайги // Успехи современного естествознания. 2018. № 9. С. 18–22. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36860> (дата обращения 22.07.2024).
- Кравцов Ю.В., Смоленцева Е.Н. Особенности современного генезиса плакорных почв Ишимской степи // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022. Вып. 111. С. 92–116. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-111-92-116>
- Кураченко Н.Л., Колесник А.А. Гумусное состояние агрочерноземов Чулымо-Енисейской лесостепи после освоения залежи // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 73–75. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_73](https://doi.org/10.52686/9785605087878_73)
- Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Смоленцева Е.Н., Семенова М.П., Личко В.И., Смоленцев Б.А. Влияние типа землепользования на физические свойства черноземов лесостепной зоны Западной Сибири // Почвоведение. 2021. Том 55. № 9. С. 1061–1075. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21090045>
- Кутькина Н.В., Еремина И.Г. Восстановление плодородия каштановых почв в условиях залежи // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 4. С. 9–11.
- Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Лаврищев А.В., Буре В.М. Изучение показателей почвенного плодородия окультуренной дерново-подзолистой песчаной почвы на разных стадиях формирования природных экосистем // Агрохимия. 2022. № 6. С. 14–27. <https://doi.org/10.31857/S0002188122060084>
- 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.
- Малышев А.В. Особенности воспроизводства почв на залежах в различных физико-географических условиях Белгородской области // Региональные геосистемы. 2021. Том 45. № 1. С. 40–50. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50>
- Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
- Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А., Чумбаев А.С. К вопросу об изменении некоторых свойств почв под молодыми залежами на территории Новосибирской области // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 6. С. 249.
- Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н. Почвенно-экологическая оценка разновозрастных залежей юго-востока Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 4. e230. <http://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Морковкин Г.Г., Дёмина И.В. К оценке влияния сидератов и залежи на изменение плодородия чернозёмов выщелоченных в условиях умеренно засушливой и колючей степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 11(85). С. 18–22.
- Наквасина Е.Н., Шумилова Ю.Н. Динамика запасов углерода при формировании лесов на постагрогенных землях // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. Том 379. № 1. С. 46–59. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-46-59>
- Нечаева Т.В. Изменение плодородия почв склонового агроландшафта в лесостепи Западной Сибири // Плодородие. 2022. № 6 (129). С. 41–45. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.129.11>
- Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Нечаева Т.В., Смоленцева Е.Н. Постагрогенное восстановление свойств черноземов лесостепной зоны Западной Сибири // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 85–88. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_85](https://doi.org/10.52686/9785605087878_85)
- 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. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20010128>

- Овчаренко М.М. Управление плодородием почв и развитие агрохимической службы за 60 лет // Агрохимический вестник. 2024. № 3. С. 3–10. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-3-001>
- Полевой определитель почв. Москва: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Практикум по агрохимии: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. Москва: Издательство МГУ, 2001. 689 с.
- Рыжова И.М., Телеснина В.М., Ситникова А.А. Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления // Почвоведение. 2020. № 2. С. 230–243. <https://doi.org/10.1134/S0032180X20020100>
- Середина В.П. Калий и почвообразование. Томск: Издательство Томского университета, 2012. 354 с.
- Смоленцева Е.Н. Черноземы Западной Сибири: региональные и зонально-провинциальные особенности // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск, 2020. С. 90–94.
- Соколов А.С., Соколова Г.Ф. Сравнительный анализ водно-физических и агрохимических показателей почвы на разновозрастных залежах дельты Волги // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 8 (161). С. 49–56. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-49-56>
- Соколова Н.А., Смоленцева Е.Н. Агрогенная трансформация почвенного покрова Присалаирской дренированной равнины (Западная Сибирь) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2021. Том 36. С. 37–56. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.36.37>
- Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.
- Сорокина О.А. Оценка запасов фитомассы и плодородия серых почв залежей // Почвы и окружающая среда. 2018. Том 1. № 3. С. 170–179. <https://doi.org/10.31251/pos.v1i3.40>
- Сорокина О.А., Токавчук В.В., Рыбакова А.Н. Постагрогенная трансформация серых почв залежей. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2016. 239 с.
- Сорокина О.А., Попков А.П. Влияние направления использования залежей на плодородие почв в сибирском регионе // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 98–102. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_98](https://doi.org/10.52686/9785605087878_98)
- Титлянова А.А., Шибарева С.В. Изменение чистой первичной продукции и восстановление запасов углерода в почвах залежей // Почвоведение. 2022. № 4. С. 500–510. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X2204013X>
- Трубников Ю.Н., Шпедт А.А., Романов В.Н., Сорокина О.А., Гринберг С.Н., Якубайлик О.Э., Ерунова М.Г. Оценка и технологии освоения залежных земель Красноярского края: научно-практические рекомендации. Красноярск: Издательство ООО «Принт», 2021. 64 с.
- Трубников Ю.Н., Шпедт А.А. Оценка и освоение залежных земель Приенисейской Сибири // Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.). Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 385–390. <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Предлагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14. <http://doi.org/10.31857/S0032180X22010087>
- Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования / отв. ред. В.М. Курачев; Рос. акад. наук, Сиб. отделение, Ин-т почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2009. 349 с.
- Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Гумусное состояние и рациональное использование почв залежных земель Приенисейской Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2017. Том 31. № 5. С. 5–8.
- Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Тренды гумусного состояния залежных агропочв сельскохозяйственных ландшафтов Красноярского края // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография в 5 томах. Том II. Под редакцией В.Г. Сычева, Л. Мюллера. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. С. 113–117. <https://doi.org/10.25680/5875.2018.40.67.120>
- Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. 231 с.



Якименко В.Н. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта // Агрохимия. 2019. № 3. С. 19–29. <https://doi.org/10.1134/S0002188119030153>

Якутина О.П. Изменение фосфатного фонда черноземных почв Западной Сибири под влиянием водной эрозии // Агрохимия. 2006. № 2. С. 16–21.

Якутина О.П., Данилова А.А., Нечаева Т.В. Комплексная оценка состояния залежных почв эродированного склона на юге Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2022. № 1. С. 21–28. <https://doi.org/10.26178/AE.2022.23.73.005>

Якутина О.П., Нечаева Т.В. Постагрогенная трансформация смыто-намытых почв залежей на юге Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 4. С. 61–66. <https://doi.org/10.26178/AE.2019.30.72.002>

IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022. 236 p.

Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. Vol. 129. P. 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>

Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia // Global Change Biology. 2014. Vol. 20. No. 4. P. 938–947. <https://doi.org/10.1111/gcb.12379>

Lavrishchev A., Litvinovich A., Abakumov E., Kimeklis A., Gladkov G., Andronov E., Polyakov V. Soil microbiome of abandoned plaggic podzol of different-aged fallow lands and native podzol in south taiga (Leningrad region) // Agronomy. 2024. Vol. 14. No. 3. P. 429. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030429>

Поступила в редакцию 06.09.2024

Принята 10.10.2024

Опубликована 28.10.2024

#### Сведения об авторах:

**Нечаева Таисия Владимировна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru)

**Смоленцева Елена Николаевна** – научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [esmolenceva@issa-siberia.ru](mailto:esmolenceva@issa-siberia.ru)

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Chernozem properties and agricultural status under different land use in the forest-steppe of West Siberia

© 2024 T. V. Nechaeva , E. N. Smolentseva 

*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentieva, 8/2, Novosibirsk, Russia. E-mail: [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru), [esmolenceva@issa-siberia.ru](mailto:esmolenceva@issa-siberia.ru)*

**The aim of the study** was to assess changes in soil properties and agrochemical status under different land use (undisturbed, abandoned and agricultural) in the forest-steppe of West Siberia.

**Location and time of the study.** Soil samples (27 in total) was performed in tge Iskitim district (Novosibirsk region, Russia) in summer 2020 from the soil pits along the entire profiles rom soil genetic horizons at three sites: (US) undisturbed meadow steppe with legumes, herbs and grasses (54,668° NL, 83,125° EL); (PS) agricultural site with ploughed soil, at the time of sampling under barley, oats and vetch mixture(54,668° NL, 83,125° EL); (AS) dry stepped meadow of grasses and herbs that had been abandoned for 27 years prior to sampling (54,666° NL, 83,098° EL). Site US soil was classified as clay illuvial shallow chernozem, site PS soil was classified as dark clay illuvial shallow agrozem, whereas AS soil was identified as clay illuvial postagrogenic shallow agrochernozem (according to the Russian classification). According to the IUSS Working Group WRB classification, US and AS soils were Luvic Greyzemic Chernozem (Siltic), whereas PS had Luvic Greyzemic Chernozem (Siltic, Aric).

**Methods.** Soils were analyzed for organic and carbonate carbon content, total and nitrite nitrogen, mobile phosphorus content, exchangeable calcium, as well as exchangeable and unexchangeable potassium and magnesium. Soil pH was measured potentiometrically. Soil granulometry was estimated by pipette technique after dispersion in sodium pyrophosphate.

**Main results.** The presence of sod (horizon AU<sub>rz</sub>) and powdery grains of biogenic structure of the humus horizon are the main features of the undisturbed chernozem. The grainy soil structure was destroyed by ploughing, and, consequently, could not be found in the agrozem. Restoration of these features is important indicator of the postagrogenic transformation. As compared with the US soil, the AS one showed lower humus and total nitrogen content and stocks, especially in the ploughed horizon, but the difference was not statistically significant. These soil properties were found to be increased after 27 years of postagrogenic spontaneous restoration at the AS site. According to the studied soil properties, the agrochemical status of the studied undisturbed, abandoned and ploughed soil can be described as favorable for plant growth and crop production.

**Conclusions.** The studied chernozems of the forest-steppe in West Siberia (undisturbed, ploughed and abandoned sites showed differences in their profile and surface horizon structure, carbonate layer location, the contents of mobile phosphorus, exchangeable magnesium. The topsoil (0–5 cm) at the undisturbed and abandoned sites accumulates biogenic elements (organic carbon, total and nitrate nitrogen, easily mobile phosphorus and exchangeable potassium. The absence of the difference in soil properties between the three studied site proves chernozem to be rather resistant to agrogenic influence. The site that had been abandoned for almost three decades, can be once again put into agricultural use. It should be emphasized that in Siberia the crop yields, especially grains, on chernozems are produced mainly by soil resources of mobile microelements without compensation their removal by fertilization. The agrogenic transformation rate and degree of Siberian chernozems are higher as compared with the European part of Russia. Therefore, we recommend monitoring agrochernozems fertility, especially after abandoned land are put once again in the agricultural use.

**Keywords:** chernozem; Luvic Greyzem Chernozem; virgin soil; arable soil; abandoned arable soil; soil properties; morphology; granulometric composition; carbonates; organic carbon; nitrogen; phosphorus; potassium; calcium; magnesium.

**How to cite:** Nechaeva T.V., Smolentseva E.N. Chernozem properties and agrochemical status under different land use in the forest-steppe of West Siberia. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e281. DOI: [10.31251/pos.v7i3.281](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.281) (in Russian with English abstract).

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are very thankful to the staff of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, namely Galina A. Bugrovskaya, as well as to the Engineers of the Laboratory of Geography and Soil Genesis and the analytical group of the Laboratory of Soil Biogeochemistry for their assistance with laboratory analyses.

#### FUNDING

The study was carried out according to the state assignment of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS with the financial support by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

#### REFERENCES

- Averkina S.S., Sineshchekov V.E., Tkachenko G.I. Assessment of phosphate determination methods in chernozem soils of Novosibirsk region. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2011. No. 11–12. P. 5–10. (in Russian).
- Agrochemical properties of soils and efficiency of fertilizers / Gamzikov G.P., Ilyin V.B., Nazaryuk V.M. et al. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1989. 254 p. (in Russian).
- Azarenko Yu.A., Befus M.V. Fertility of arable and fallow meadow-chernozem soils of agricultural landscapes of the southern forest-steppe of the Omsk Irtysh region. *Vestnik of Omsk State Agrarian University*. 2024. Vol. 53. No. 1. P. 5–15. (in Russian).
- Aksenova Yu.V., Gindemit A.M. The state of the fallow lands of the steppe zone of the Omsk region and the possibility of their introduction into agricultural circulation. *Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka*. 2022. No. 6. P. 37–44. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S2500262722060084>
- Baeva Y.I., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Kuderyarov V.N., Pochikalov A.V. Changes in physical properties and carbon stocks of gray forest soils in the southern part of Moscow region during postagrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol. 50. No. 3. P. 327–334. <https://doi.org/10.1134/S1064229317030024>
- Bedareva O.M., Troyan T.N., Muracheva L.S., Anciferova O.A., Fedunina O.P., Gorshinina G.V. Development of fallows for meadow and pasture lands. *KSTU News*. 2017. No. 46. P. 109–120.

- Bulysheva A.M., Rusakov A.V., Khokhlova O.S., Bakunovich N.O., Myakshina T.N. Changes in soil properties on fallows in Kursk oblast and trends of postagrogenic soil development in forest-steppe and steppe zones. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 8. P. 1265–1280. <https://doi.org/10.1134/S1064229321080044>
- Burdukovskii M.L., Perepelkina P.A. Agroecological state of soils and vegetation recovery in fallow ecosystems. *Biodiversity and Environment of Protected Areas*. 2022. Vol. 10. No. 2. (in Russian). P. 28–36. [https://doi.org/10.37102/2782-1978\\_2022\\_2\\_3](https://doi.org/10.37102/2782-1978_2022_2_3)
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods of research of physical properties of soils. Moscow: Agropromizdat Publ., 1986. 416 p. (in Russian).
- Galeeva L.P. Properties of soils of solonetz complexes Baraby in the phytocenosis of arable land fallow. *Agrokhimia*. 2020. No. 7. P. 17–25. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188120070066>
- GOST 26204-91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chirikov method modified by CINAO. Moscow: Standard Publishing House, 1988. 6 p. (in Russian).
- Denisov Yu.N. Agroecological estimation of fallow lands in Chelyabinsk region. *Agrochemical Herald*. 2016. No. 5. P. 6–9. (in Russian).
- Dzhabrailova B. S. Opportunities to involve unused agricultural land in the turnover in the regions of the Northwestern Federal District. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 11 (214). P. 56–66. (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66>
- Dmitriev A.V., Lednev A.V. Influence of the overgrowing period on the botanical composition and productivity of abandoned lands. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov*. 2016. No. 2 (43). P. 7–12. (in Russian).
- Dobrotvorskaya N.I., Nikkar K.A., Deltsova K.A., Tsaryuk G.V. Changes in soil properties during long-term non-use of arable land. In book: *Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024)*. Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 386–390. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_386](https://doi.org/10.52686/9785605087878_386)
- Dobryanskaya S.L. Assessment of fallower properties as a potential for the development of organic farming. In book: *Soils and Environment [Electronic resource]: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, October 2–6, 2023)*. Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 263–265. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Zybalov V.S., Sergeev N.S., Zapevalov M.V. The results of monitoring fallow lands in the forest-steppe zone of the Southern Urals. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2020. Vol. 27. No. 1. P. 30–37. (in Russian).
- Kazeev K.Sh., Trushkov A.V., Odabashyan M.Yu., Kolesnikov S.I. Postagrogenic changes in the enzyme activity and organic carbon content in chernozem during the first three years of fallow regime. *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. No. 7. P. 995–1003. <https://doi.org/10.1134/S1064229320070054>
- Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1:2500000 / Edited by G.V. Dobrovolsky, I.S. Urusevskaya. Moscow, 2013. 16 sheets.
- Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Friev. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).
- Kolpakova O.P. Introduction of unused agricultural land of the Krasnoyarsk Region. *Socio-economic and humanitarian journal*. 2023. No. 2. P. 55–65. <https://doi.org/10.36718/2500-1825-2023-2-55-66>
- Kondratova A.V., Abramova E.R. Peculiarities of fine root formation at different stages of restoration of post-agro ecosystems in the southern taiga zone. *Advances in current natural sciences*. 2018. No. 9. P. 18–22. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36860> (accessed on 22.07.2024). (in Russian).
- Kravtsov Yu.V., Smolentseva E.N. Features of modern genesis of the Ishim steppe watershed plain soils. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2022. Vol. 111. P. 116–156. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2022-111-116-156>
- Kurachenko N.L., Kolesnik A.A. Humus state of agrochernozems of the Chulym-Yenisei foreststeppe after development of the deposit. In book: *Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024)*. Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 73–75. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_73](https://doi.org/10.52686/9785605087878_73)
- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Lichko V.I., Smolentseva E.N., Smolentsev B.A., Semenova M.P. influence of land use on the physical properties of chernozems in the forest-steppe zone of Western Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 9. P. 1337–1349. <https://doi.org/10.1134/S1064229321090040>

- Cutcina N.V., Eremina I.G. Restoring soil fertility in deposits of chestnut. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* (Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex). 2011. No. 4. P. 9–11. (in Russian).
- Litvinovich A.V., Fomina A.S., Pavlova O.Y., Lavrishchev A.V. Study of indicators of soil fertility of cultivated sod-podzolic sandy soil at different stages of formation of natural ecosystems. *Agrokhimia*. 2022. No. 6. P. 14–27. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S0002188122060084>
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A. в квадрат (умер), Nefedova T.G. Dynamics of Agricultural lands of Russia in XX century and Postagrogenic Restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).
- Malyshev A.V. Peculiar properties of soil reproduction on fallow lands in various physical and geographical conditions of the Belgorod region. *Regional Geosystems*. 2021. Vol. 45. No. 1. P. 40–50. (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50>
- Methodological guidelines for comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural lands. Moscow: “Rosinformagroteh”, 2003. 240 p. (in Russian).
- Miller G.F., Solovev S.V., Bezborodova A.N., Filimonova D.A., Chumbaev A.S. Revisiting the changes of some properties of the soil developed under young fallow on the territory of the Novosibirsk region. *Modern problems of science and education*. 2017. No. 6. P. 249. (in Russian).
- Miller G.F., Solovyev S.V., Bezborodova A.N. Soil-ecological assessment of soils of abandoned lands of diggerent age in the southeast of West Siberia. *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 4. e230. (in Russian). <http://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Morkovkin G.G., Demina I.V. To assess the influence of siderates and deposits on the change in the fertility of leached chernozems in the conditions of the moderately arid and barbed steppe of the Altai Territory. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2011. No. 11 (85). P. 18–22. (in Russian).
- Nakvasina E.N., Shumilova YU.N. Dynamics of carbon stocks in the formation of forests on post-agrogenic lands. *Lesnoy Zhurnal* (Russian Forestry Journal). 2021. No. 1 (379). P. 46–59. (in Russian). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-46-59>
- Nechaeva T.V. Changes in fertility of soils of the slope agricultural landscape in the forest-steppe of Western Siberia. *Plodorodie*. 2022. No. 6 (129). P. 41–45. (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.129.11>
- Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Nechaeva T.V., Smolentseva E.N. Post-agrogenic restoration of chernozems properties in the forest-steppe zone of West Siberia. In book: *Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands* (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 85–88. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_85](https://doi.org/10.52686/9785605087878_85)
- Ovsepyan L.A., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Kuzyakov Y.V., Rusakov A.V. Changes in the fractional composition of organic matter in the soils of the forest–steppe zone during their postagrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. No. 1. P. 50–61. <https://doi.org/10.1134/S1064229320010123>
- Ovcharenko M.M. Soil fertility management and development of state agrochemical service for 60 years. *Agrochemical Herald*. 2024. No. 3. P. 3–10. (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-3-001>
- Field guide for Russian soil. Moscow: Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p. (in Russian).
- Practicum in agrochemistry: textbook. 2nd ed., revised and supplemented. Mineev V.G. (ed.). Moscow: Moscow State University Press, 2001. 689 p. (in Russian).
- Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamics of soil properties and carbon stocks structure in postagrogenic ecosystems of southern taiga during natural reforestation. *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. No. 2. P. 240–252. (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>
- Seredina V.P. Potassium and soil formation. Tomsk: Tomsk University Publishing House, 2012. 354 p. (in Russian).
- Smolentseva E.N. Chernozems of Western Siberia: regional and zonal-provincial features. In book: *Reflection of bio-, geo-, anthropospheric interactions in soils and soil cover. Proceedings of the VII International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the Department of Soil Science and Soil Ecology TSU*. Tomsk, 2020. P. 90–94. (in Russian).
- Sokolov A.S., Sokolova G.F. Comparative analysis of water-physical and agrochemical indices of soil in Volga delta fallows of various ages. *Bulletin of Krasnoyarsk Agrarian University*. 2020. Vol. 161. No. 8. P. 49–56. (in Russian). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-49-56>

- Sokolova N.A., Smolentseva E.N. Agrogenic Transformation of Soil Cover in Pre-Salair Drained Plane (Western Siberia). The Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology. 2021. Vol. 36. P. 37–56. (in Russian). <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2021.36.37>
- Sorokin O.D. Applied statistics on the computer. 2nd ed. Novosibirsk, 2012. 282 p. (in Russian).
- Sorokina O.A. Estimation of phytomass stock and gray soil fertility of abandoned land. The Journal of Soils and Environment. 2018. Vol. 1. No. 3. P. 170–179. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v1i3.40>
- Sorokina O.A., Tokavchuk V.V., Rybakova A.N. Postagrogenic transformation of grey forest fallow soils. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2016. 239 p. (in Russian).
- Sorokina O.A., Popkov A.P. Influence of the direction of use of deposits on soil fertility in the siberian region. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 98–102. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_98](https://doi.org/10.52686/9785605087878_98)
- Titlyanova A.A., Shibareva S.V. Change in the net primary production and carbon stock recovery in fallow soils. Eurasian Soil Science. 2022. Vol. 55. No. 4. P. 501–510. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229322040135>
- Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A., Romanov V.N., Sorokina O.A., Grinberg S.N., Yakubailik O.E., Erunova M.G. Assessment and technologies for development of fallow lands in the Krasnoyarsk Territory: scientific and practical recommendations. Krasnoyarsk: Publishing House «Print», 2021. 64 p. (in Russian).
- Trubnikov Y.N., Shpedt A.A. Assessment and development of fallow lands of Yenisei Siberia. In book: Soils and Environment [Electronic resource]: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, October 2–6, 2023). Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 385–390. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Khitrov N.B., Gerasimova M.I. Diagnostic properties and soil forming materials in the classification system of Russian soils: version of 2021. Eurasian Soil Science. 2022. Vol. 55. No. 1. C. 1–10. <http://doi.org/10.1134/S1064229322010082>
- Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Land resources of the Novosibirsk region and ways of their rational use / V.M. Kurachev (ed.); Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Soil Science and Agrochemistry. Novosibirsk: Publ. House SB RAS, 2009. 349 p. (in Russian).
- Shpedt A.A., Trubnikov Y.N. Humic State and Rational Use of Idle Lands of Yenisey Siberia. Dostizheniya nauki i tekhniki APK (Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex). 2017. Vol. 31. No. 5. P. 5–8. (in Russian).
- Shpedt A.A., Trubnikov Yu.N. Trends of the humus status of set-aside soils in agricultural landscapes of the Krasnoyarsk region. In book: New Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia. Monograph in five volumes. Vol. II. Edited by V.G. Sychev, L. Muller. Moscow: Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, 2018. P. 113–117. (in Russian). <https://doi.org/10.25680/5875.2018.40.67.120>
- Yakimenko V.N. Potassium in agrocenoses of Western Siberia. Novosibirsk: Published by Siberian Branch of RAS, 2003. 231 p. (in Russian).
- Yakimenko V.N. Change of potassium and magnesium content in soil profile of long-term field experiment. Agrokhimia. 2019. № 3. P. 19–29. (in Russian). <https://doi.org/10.1134/S0002188119030153>
- Yakutina O.P. Changes in the phosphate pool of chernozemic soils of the western siberia under the effect of water erosion. Agrokhimia. 2019. No. 3. P. 19–29 (in Russian).
- Yakutina O.P., Danilova A.A., Nechaeva T.V. Comprehensive assesment of fallow soils in the south of Western Siberia. Agrochemistry and ecology problems. 2022. No. 1. P. 21–28. (in Russian). <https://doi.org/10.26178/AE.2022.23.73.005>
- Yakutina O.P., Nechaeva T.V. Post-agrogenic transformation of drift-eroded soils on fallows of different age in the south of Western Siberia. Agrochemistry and Ecology Problems. 2019. No. 4. P. 61–66. (in Russian). <https://doi.org/10.26178/AE.2019.30.72.002>
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria, 2022. 236 p.
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia. Catena. 2015. Vol. 129. P. 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>

Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia. *Global Change Biology*. 2014. Vol. 20. No. 4. P. 938–947. <https://doi.org/10.1111/gcb.12379>

Lavrishchev A., Litvinovich A., Abakumov E., Kimeklis A., Gladkov G., Andronov E., Polyakov V. Soil microbiome of abandoned plaggic podzol of different-aged fallow lands and native podzol in south taiga (Leningrad region). *Agronomy*. 2024. Vol. 14. No. 3. P. 429. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030429>

*Received 06 September 2024*

*Accepted 10 October 2024*

*Published 28 October 2024*

**About the authors:**

**Taisia V. Nechaeva** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru)

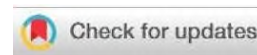
**Elena N. Smolentseva** – Researcher in the Laboratory of Geography and Soil Genesis in the Institute of Soil Science and Agrochemistry, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [esmolenceva@issa-siberia.ru](mailto:esmolenceva@issa-siberia.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК 631.472.56: 631.611

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.279>

## Изменение свойств почв разновозрастных залежей и агротехнические приёмы их освоения

© 2024 Ю. Н. Трубников , А. А. Шпедт 

ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», ул. Академгородок, д. 50, г. Красноярск, 660036, Россия. E-mail: [trubnikov124@yandex.ru](mailto:trubnikov124@yandex.ru); [shpedtalexandr@rambler.ru](mailto:shpedtalexandr@rambler.ru)

**Цель исследования.** Оценить изменения агрохимического состояния почв разновозрастных залежных земель юго-востока Западной Сибири и разработать технологии их освоения.

**Место и время проведения.** Исследования проводили в 2014–2022 гг. в подтаёжной и лесостепной зонах Красноярского края, приуроченных к Ачинско-Боготольскому (Тюхтетский район, Зареченский стационар, дерново-подзолистые и серые лесные почвы) и Назаровскому (Шарыповский район, серые лесные почвы) природным округам.

**Методы.** Возраст залежных земель моделировали путём последовательного выведения пашни из производственного землепользования. В исследованиях по трансформации гумусного состояния залежей использовали сравнительный анализ почв – залежных и пахотных участков по вариантам: 1) пашня длительного срока пользования; 2) залежь возрастом 8 и 10 лет. На Зареченском стационаре проводили полевые опыты с удобрениями и злаковыми культурами на залежах 3-х и 10-летнего возраста, охватывающие первые четыре года после их освоения. В почвенных образцах, отобранных из пахотного горизонта, определяли содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, кислотность, сумму обменных оснований. Первичная обработка почвы в год посева озимой ржи заключалась в весенней вспашке с последующей уборкой древесной растительности и двух культиваций. Обработка почвы под яровую пшеницу и овёс состояла в зяблевой вспашке и предпосевной культивации с одновременным боронованием. Гербициды в опытах не применяли.

**Основные результаты.** В дерново-подзолистой почве содержание гумуса за 10–25-летний постагрогенный период увеличилось в 1,6 раза, подвижных гумусовых веществ – в 2,2 раза по сравнению с пашней. Формирование новообразованных гумусовых веществ в почве залежи шло преимущественно по фульватно-гуматному типу. В серой лесной почве лесостепи содержание гумуса в 8-летней залежи увеличилось в 1,2 раза преимущественно за счёт гуминовых кислот. Наибольший прирост гумусовых веществ отмечался в залежах дерново-подзолистых почв подтаёжной зоны; далее, по убывающей, располагались серая лесная почва подтайги и серая лесная почва лесостепи. В дерново-подзолистой почве содержание гумуса, доступных форм фосфора и калия, а также кислотно-основные свойства существенно не изменились за трехлетний постагрогенный период. В залежах 15-ти и 25-летнего возраста содержание гумуса увеличилось на 33 и 55%,  $K_2O$  – на 57 и 70%, суммы обменных оснований – на 28 и 54%. Кислотность почвы и содержание в ней подвижного фосфора не изменились. В 10-летней залежи увеличивалась доля агрономически ценных фракций почвенных агрегатов на 10–15%. По сравнению с почвой агроценозов количество легкоразлагаемого органического вещества в почвах залежей увеличилось на 59%, т.е. в 2,5 раза. Использование фосфорно-калийных удобрений на 3-х и 10-летних залежах увеличивали урожай озимой ржи в среднем на 23%. Весенняя подкормка азотом увеличивала урожай ещё на 20 и 17% в соответствии с возрастом залежи. Сбор зерна пшеницы и овса был практически равным на залежных землях разного возраста по всем вариантам опыта. Яровые зерновые культуры в большей степени реагировали на внесение азотных удобрений.

**Заключение.** Пребывание дерново-подзолистых почв подтаёжной зоны и серых лесных почв лесостепи Красноярского края в залежном состоянии обуславливает формирование положительного бюджета показателей их гумусного состояния, который зависит от генезиса почв. В средневозрастных (10–15 лет) и старовозрастных (более 15 лет) залежах улучшаются агрофизические и агрохимические показатели почв. Залежь 3-х и 10-летнего возраста можно подготовить для посева озимой ржи за один полевой сезон. Внесение минеральных удобрений на освоенных залежах увеличивает урожай озимой ржи, пшеницы и овса в среднем на 70–100%, при этом определяющее значение имеют азотные удобрения. Оптимальный вариант консервации залежных земель с кислыми почвами (особенно отдалённых от поселений) – залужение смесью многолетних злаковых трав. Такие земли будут служить надёжным источником получения грубых кормов, местом выпаса и отгонного животноводства, перспективным объектом для освоения биологического земледелия.

**Ключевые слова:** залежные земли; почва; гумус; агрохимические свойства; освоение; удобрения; агроценоз; агротехнологии.

**Цитирование:** Трубников Ю.Н., Шпедт А.А. Изменение свойств почв разновозрастных залежей и агротехнические приёмы их освоения // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e279. DOI: [10.31251/pos.v7i3.279](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.279)

## ВВЕДЕНИЕ

Во второй половине XX века наблюдалось устойчивое сокращение используемых земель. В период 1961–2003 гг. в России было выведено из сельскохозяйственного оборота 58 млн га, произошло сокращение посевных площадей на 40 млн га (Иванов, 2014). Другие сведения представлены в Государственном (национальном) докладе «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году» (2023) и в Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году» (2023), где размещены одинаковые данные по площади земель сельскохозяйственного назначения (379 млн га), но различные цифры по площади залежей – 4,4 и 4,9 млн га, соответственно. В целом в России к 2030 г. планируется ввести в активный сельскохозяйственный оборот не менее 12 млн га залежей (Голубев и др., 2021).

В Красноярском крае, по данным Росреестра, площадь залежных земель составляет 123,5 тыс. га (Государственный доклад ..., 2023, с. 124). Фактически же не используется около 1154 тыс. га ранее пахотных земель. В Приенисейской Сибири, включающей земледельческие территории Красноярского края, Хакасии и Тывы в залежном состоянии находятся около 1500 тыс. га земель различных сроков выведения из пашни – от 2 до 25 лет (Савостьянов, 2003). Наибольшие площади неиспользуемой пашни расположены в подтаёжной (60–90% от ранее распаханной территории) и северной лесостепной (40–60%) зонах региона. Площадь залежей возрастом до 2 лет составляет 71 тыс. га, от 2 до 10 лет – 349 тыс. га, более 10 лет – 734 тыс. га. Значительные площади (около 610 тыс. га.) покрыты кустарником и 10–20-летним древостоем, для освоения которых требуется коренная мелиорация – мероприятие дорогостоящее и без системной государственной поддержки не имеющее широких перспектив для реализации. Состояние необрабатываемых земель различно – от сформировавшихся со временем луговых растительных сообществ до сплошных лесных массивов. Можно констатировать, что неиспользуемые земли послужили благоприятной средой для восстановления первичных ландшафтов и со временем стали зарастать луговой, кустарниковой и лесной растительностью с различным видовым составом и в множественных сочетаниях растительных сообществ в зависимости от зональных экологических условий. В итоге стали формироваться постагрогенные залежные экосистемы (Сорокина и др., 2016; Телеснина, 2021; Данилов и др., 2022). Выведение из активного землепользования пахотных земель связано с различными причинами и обстоятельствами, но к основным можно отнести социальные, порождающие дефицит рабочей силы, и экономические, обусловленные недостатком средств производства. В этой связи, важное значение имеет создание благоприятных социально-экономических условий для сохранения и развития сельских территорий и сельскохозяйственного производства, без чего невозможно решить проблему продовольственной безопасности страны (Нечаева, 2023).

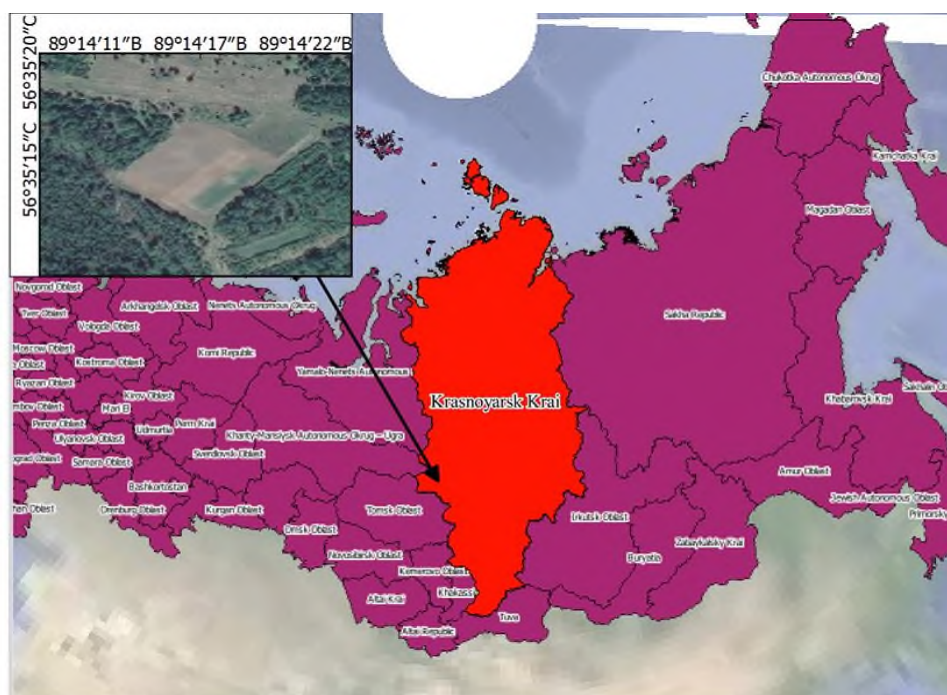
Со временем в Красноярском крае планируется ввести в пашню 454 тыс. га залежных земель (Закон Красноярского края ..., 2006). Расширение пахотных земель должно произойти, главным образом, в лесостепной зоне (344 тыс. га), в частности в Красноярском (115 тыс. га), Чулымо-Енисейском (98 тыс. га) и Канском (65 тыс. га) природных округах. В степной зоне планируется ввести в оборот 67 тыс. га, в тайге величина этого показателя значительно меньше – всего 40 тыс. га. Очевидно, что площади и технологии освоения залежных земель должны соответствовать их состоянию, экономическим и технологическим ресурсам предприятия, а также обоснованным перспективам использования вовлечённых земель в активный сельскохозяйственный оборот (Трубников, Шпедт, 2023). Перевод земель из залежного состояния в пашню может ограничиваться высокой распаханностью территории, активным проявлением эрозии и дефляции почвенного покрова, наличием склонов более 7<sup>0</sup>, техногенным загрязнением и др. (Шпедт, Трубников, 2017). Актуальность проблемы освоения залежных земель заключается в их представлении как резервного фонда для расширения площади пашни, необходимой для увеличения объёмов производства сельскохозяйственной продукции и, в том числе, по технологиям биологического земледелия (Добрянская, 2023).

Цель исследований – оценить изменения агрохимического состояния почв разновозрастных залежных земель юго-востока Западной Сибири и разработать технологии их освоения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по влиянию разновозрастных залежей на гумусное состояние почв проводили в 2014–2022 гг. в подтаёжной и лесостепной зонах Красноярского края, приуроченных к Ачинско-Боготольскому и Назаровскому природным округам (рис. 1).





**Рисунок 1.** Географическое местоположение района исследований.

Использовали сравнительный анализ почв – аналогов залежных и пахотных участков по вариантам: 1) пашня длительного срока пользования; 2) залежь возрастом 8 и 10 лет. Экспериментальные работы по освоению разновозрастных залежных земель проводили на Зареченском стационаре ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» (Тюхтетский район Красноярского края), находящемся в южнотаёжно-лесном, плоскоравнинном, дерново- и болотно-подзолистом районе Западно-Сибирской провинции (Природно-сельскохозяйственное районирование ..., 1983); географические координаты: 89°14'17" в.д., 56°35'15" с.ш.

В качестве объекта исследований рассмотрены почвенные ареалы. Коэффициенты вариации невысокие – 14–17%, что объясняется однотипностью рельефа, почвообразующих пород, режима использования (антропогенный фактор). На каждом объекте проводили отбор смешанных почвенных образцов ( $n=10$ ), каждый из которых состоял из 10–15 индивидуальных проб, взятых из пахотного горизонта (0–20 см) при помощи агрохимического бура по нерегулярной схеме.

Содержание гумуса в почвах определили по методу И.В. Тюрина (Агрохимические методы ..., 1975). Для извлечения подвижной части гумуса использовали 0,1 н. раствор щелочи ( $C_{0,1}$  н. NaOH) при соотношении почвы и экстрагента 1:20. Данную фракцию гумусовых веществ разделяли на гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК). ГК осаждали серной кислотой, а содержание ФК определяли по разности общего количества гумусовых веществ в вытяжке с 0,1 н. раствором NaOH и гуминовых кислот. Обменную кислотность ( $pH_{\text{сол}}$ ) почв определили потенциметрическим методом с использованием стеклянного электрода ЭСЛ-43-07 (ГОСТ 26483-85); гидролитическую кислотность (Нг) – по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); сумму поглощенных оснований (S) – по Каппену- Гильковицу (27821-88); подвижный фосфор ( $P_2O_5$ ) и обменный калий ( $K_2O$ ) – по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) с последующим определением  $P_2O_5$  фотокolorиметрически,  $K_2O$  – на пламенном фотометре Тюрина (Ганжара и др., 2002).

Полевые опыты с удобрениями проводили на освоенных залежных землях 3-х и 10-летнего возраста с озимой рожью сорта Красноярская универсальная, яровой пшеницей сорта Новосибирская 15 и овсом сорта Саян. Опыты закладывали на делянках площадью 50 м<sup>2</sup> в четырёхкратной повторности. Размещение вариантов последовательное в четыре яруса. Схема опыта с озимой рожью: 1. Контроль (без удобрений); 2. P60K60 осенью при посеве; 3. P60K60 при посеве + N60 весной. Схема опытов с пшеницей и овсом: 1. Контроль (без удобрений); 2. N60; 3. N60P60; 4. N60P60K60. Удобрения применяли в виде аммонийной селитры, аммофоса и сернокислого калия.

Подготовка почвы в год посева озимой ржи заключалась в весенней вспашке (15–20 мая) и двух культиваций. На участке залежи 3-летнего возраста преобладала бурьянистая растительность, которая равномерно запахивалась. На участке 10-летнего возраста кроме травяного покрова с

преобладанием пырейного фитоценоза, распространение получили древесные виды лесных сообществ – берёза (70%), осина (20%) и другие (10%).

Первичная обработка этого участка заключалась во вспашке 3-х корпусным плугом ПЛН 3–35 с последующей уборкой древесной растительности вручную. Этот участок, как и предыдущий, до посева озимой ржи ещё дважды обрабатывался культиватором КПС 4,2. Обработка почвы под яровую пшеницу и овёс состояла в зяблевой вспашке и предпосевной культивации с одновременным боронованием; гербициды в опытах не применяли.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ Snedecor (Сорокин, 2004).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Заращение пашни и превращение её в залежь влечёт нарушение стабильности почвенных процессов и свойств. В качестве индикатора трансформации почвенного плодородия залежных земель мы рассматривали гумусное состояние почв, как наиболее информативную характеристику, определяющую плодородие и оказывающую положительное влияние на другие свойства почвы. Изменение свойств почв в залежный период протекает неоднозначно. Так, на чернозёмах и серых лесных почвах Западной Сибири установлено, что в молодых и средневозрастных залежах заметного изменения гумусового состояния почв не происходит (Миллер и др., 2023). Полученные нами экспериментальные данные по содержанию форм гумусовых веществ в почвах пашни и залежи позволяют говорить о различной интенсивности их накопления (табл. 1).

**Таблица 1**

Изменение гумусного состояния почв (слой 0–20 см) под влиянием залежи

Почва**	Вариант опыта	Гумус, %	C <sub>0,1</sub> н. NaOH, мг/100 г			
			сумма	ГК	ФК	ГК:ФК
Ачинско-Боготольский природный округ, подтайга. Тюхтетский район						
Дерново-подзолистая глубокодерновая глубокоподзолистая слабоглееватая среднесуглинистая	Пашня (пшеница) – контроль	2,55	339	155	184	0,84
То же	10-летняя залежь	4,08*	751*	420*	331*	1,26
НСР <sub>05</sub>		0,48	148	58	117	0,43
Среднегодовой тренд изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ		0,15	41,2	26,5	14,7	0,05
Серая лесная среднемощная глубоковскипающая тяжелосуглинистая	Пашня (пшеница) – контроль	3,56	540	273	267	1,02
То же	10-летняя залежь	4,72	756	460	296	1,55
НСР <sub>05</sub>		1,34	292	204	230	0,59
Среднегодовой тренд изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ		0,12	21,6	18,7	2,9	0,06
Назаровский природный округ. Шарыповский район						
Серая лесная среднемощная глубоковскипающая среднеглинистая	Пашня (пшеница) – контроль	2,90	327	115	212	0,54
То же	8-летняя залежь	3,59*	396*	160*	236	0,68
НСР <sub>05</sub>		0,51	60	44	43	0,31
Среднегодовой тренд изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ		0,08	8,6	5,6	3,0	0,02

Примечание. C<sub>0,1</sub> н. NaOH – содержание подвижной части гумуса, включая гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК). \* – статистически значимые различия (p<0,05). \*\* – наименование почв дано в соответствии с классификацией почв СССР (Классификация ..., 1977).

Исследования, проведенные в условиях подтаёжной зоны, показывают, что пребывание дерново-подзолистой почвы в залежном состоянии оказало положительное влияние на её гумусное состояние. Установлено, что содержание гумуса в почве залежи увеличилось за 10 лет в 1,6 раза по сравнению с пахотным аналогом. Накопление гумуса было обусловлено поступлением, разложением

и гумификацией растительных остатков в почве. Содержание подвижных гумусовых веществ достоверно возросло (в 2,2 раза) в почве залежи; в составе новообразованного гумуса доминировали гуминовые кислоты. Количество гуминовых кислот в почве залежных участков, по сравнению с пашней, повысилось в 2,7 раза, а содержание фульвокислот – в 1,8 раза. Таким образом, формирование новообразованных гумусовых веществ в почве шло преимущественно по фульватно-гуматному типу. Отношение гуминовых кислот к фульвокислотам увеличилось, по сравнению с контролем, на 0,43, а тип гумуса трансформировался из гуматно-фульватного в фульватно-гуматный.

Десятилетнее пребывание агросерой почвы в залежи улучшило её гумусное состояние. Однако, в связи с очень высокой вариабельностью свойств почвы на данном объекте, статистически значимое увеличение под влиянием залежи отмечалось только для отношения углерода ГК к углероду ФК, которое увеличилось на 0,55, что обусловило трансформацию типа гумуса из фульватно-гуматного в гуматный. Под влиянием залежной растительности существенно изменилось гумусное состояние агросерой почвы в Назаровском лесостепном природном округе. За 8 лет содержание гумуса в ней увеличилось в 1,2 раза по сравнению с пахотным аналогом; содержание гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н. NaOH, возросло на статистически достоверную величину. Новообразованные подвижные гумусовые соединения формировались преимущественно за счёт гуминовых кислот. По отношению углерода ГК и ФК тип гумуса остался гуматно-фульватным.

Расчёт среднегодового тренда изменения содержания гумуса и форм гумусовых веществ показал, что бюджет показателей гумусового состояния зависит от генезиса почв. Наибольший прирост исследуемых показателей отмечался на залежных дерново-подзолистых почвах подтаёжной зоны; далее, по убывающей, располагались серая лесная почва подтайги и серая лесная почва лесостепи. Чем больше было гумуса на момент ухода почвы в залежное состояние, тем меньше в ней накапливалось новообразованных гумусовых веществ. Полагаем, что различия в содержании гумуса и подвижных гумусовых веществ на разных объектах обусловлены, главным образом, неодинаковым поступлением в почву растительной массы и агроклиматическими условиями.

К основным агрометеорологическим показателям, влияющих на гумусонакопление, относятся количество осадков и температура воздуха в течение вегетационного периода. Согласно характеристике агроклиматических показателей по природным зонам Красноярского края (Система земледелия ..., 2015), существует достаточно чёткая дифференциация гидротермических показателей подтаёжной и лесостепной зон. Например, если сравнивать гидротермические условия лесостепной и подтаёжной зон в Канском природном округе, то видно, что при близких показателях суммы температур выше 10° С (1560 и 1530, соответственно), осадков в подтаёжной зоне выпадает больше (434 мм), по сравнению с лесостепью (400 мм). В Ачинско-Боготольском природном округе гидротермические показатели лесостепи и подтайги близки – сумма температур выше 10° С составляет 1686 и 1651° С, соответственно, количество осадков – 477 мм и 481 мм. В лесостепной зоне преобладают почвы тяжёлого гранулометрического состава – тяжёлосуглинистые и (реже) легкосуглинистые, в подтаёжной зоне – среднесуглинистые и тяжёлосуглинистые. Наиболее благоприятные условия для гумусонакопления складываются в почве среднесуглинистого состава.

Актуальность почвенно-агрохимического и агроэкологического мониторинга залежных земель обусловлена тем, что при зарастании заброшенных сельхозугодий изменяются физические, физико-химические и агрохимические свойства постагrogenных почв. Агрохимслужба проводит их обследование выборочно с периодичностью 15–20 лет (Сычѳв и др., 2008).

Исследования агрохимического состояния почв, в зависимости от давности исключения их из пашни, проводили методом сравнения аналитических данных, полученных на полях до залужения, с результатами анализов почв, отобранных в разновозрастных залежах. Данные, полученные на дерново-подзолистых почвах Зареченского стационара представлены в таблице 2. Установлено, что содержание гумуса, доступных форм фосфора и калия, а также кислотно-основные свойства почвы существенно не изменялись за период 3-х и 10-летнего пребывания почвы в залежном состоянии.

Неиспользование земель более длительный период – в течение 15 и 25 лет – сопровождалось увеличением содержания гумуса на 33 и 55%, K<sub>2</sub>O – на 57 и 70%, суммы обменных оснований – на 28 и 54%, соответственно. Кислотность почвы и содержание в ней подвижного фосфора не изменились за этот период нахождения земель в залежи. Степень кислотности остаѳтся в диапазоне от сильно- до среднекислой. Количество подвижного фосфора варьирует в пределах очень низкой и низкой групп обеспеченности – от 2,2 до 2,8 мг/100 г почвы. Содержание обменного калия в почве до вывода земли в залежь, а также на полях 3-х и 10-летнего возраста низкое, в почве залежей 15-ти и 25-летнего возраста – среднее. Полагаем, что увеличение калийного пула происходит благодаря двум факторам:

Таблица 2

Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы (0–20 см) в постагрогенный период

Угодье	Гумус, %	pH <sub>сол</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Hг*	S**
			мг/100 г почвы		мг-экв/100 г почвы	
Почва до вывода в залежь						
Пашня	1,8	4,5	2,5	6,5	3,4	7,4
Разновозрастные залежные земли						
3 года	1,7	4,7	2,3	7,2	3,5	7,6
10 лет	2,0	4,4	2,2	7,8	3,2	8,6
15 лет	2,4	4,6	2,6	10,2	2,7	9,5
25 лет	2,8	4,6	2,8	11,0	3,4	11,4

Примечание. \* – гидролитическая кислотность (Hг), \*\* – сумма обменных оснований (S).

1 – неотчуждаемый в течение длительного времени растительный опад является непосредственным источником пополнения запасов обменного калия; 2 – органические кислоты, содержащиеся в растительном опаде (Соколова, 2020), попадая в почву, способствуют переводу необменных форм калия в обменные. Сумма поглощённых оснований (S) в почвах до залужения, а также на участках 3-х, 10-ти и 15-летней залежи, относится к низкой группе обеспеченности; только на неиспользуемом в течение 25-ти лет участке наблюдается увеличение этого показателя до средней группы обеспеченности. Это, очевидно, связано с обогащения пахотного горизонта обменными основаниями, источником которых служат растительные остатки травяного покрова и леса. Обобщая полученные данные можно заключить, что уровень почвенного плодородия кислых почв характеризуется положительным трендом на полях 10-летней залежи. Более заметные положительные изменения показателей почвенного плодородия наблюдались на массивах 15-ти и 25-летней залежи, что обуславливалось поступлением большего количества растительного вещества, как источника пополнения почвы биофильными элементами.

Масса растительных остатков, образовавшихся за длительный период (15–25 лет), способствовала накоплению обменных оснований, но на уровень обменной (pH<sub>сол</sub>) и гидролитической (Hг) кислотности не повлияла, что, по нашему мнению, связано с более высокой устойчивостью почвенной кислотности к сдвигу (изменению) параметров её обуславливающих (обменные ионы водорода H<sup>+</sup> и гидроксид-ионы OH<sup>-</sup>, обменные ионы алюминия Al (OH)<sup>2+</sup>); т.е. запасов органического вещества за 15–25-летний период оказалось достаточным для сдвига суммы обменных оснований (S), а кислотности почв – нет.

Многолетние исследования на Зареченском стационаре (Трубников, 2012) показали, что при оптимизации системы удобрений на этих почвах с успехом можно возделывать озимую рожь, лён-долгунец, клевер, овёс, многолетние злаковые травы (тимофеевка, кострец, овсяница, пырей). По нашему мнению, оптимальный вариант консервации подобных земель (особенно отдалённых от поселений) – это залужение смесью многолетних злаковых трав. Такие земли будут служить надёжным источником получения грубых кормов, местом отгонного животноводства, перспективным объектом для освоения биологического земледелия. Для изучаемого округа – это типичная картина.

Результаты исследований показывают, что пребывание почв в залежном состоянии приводит к изменению их агрофизических показателей. Установлено, что 10-летний залежный период обуславливает тенденцию к увеличению плотности сложения пахотного горизонта агросерой почвы с 1,1–1,3 г/см<sup>3</sup> (пашня) до 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup> (залежь). За такой же период плотность сложения дерново-подзолистой почвы характеризуется тенденцией к уплотнению пахотного слоя с 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup> (пашня) до 1,3–1,5 г/см<sup>3</sup> (залежь). Эти изменения можно объяснить более плотной упаковкой почвенных агрегатов на залежных землях по сравнению с пашней. В результате выведения пахотных почв в залежь изменилась доля агрономически ценных фракций (АЦФ) почвенных агрегатов размером 0,25–10 мм. В агросерой почве доля АЦФ в пашне составляет 50–65%, в залежном аналоге – 65–70%. В дерново-подзолистой почве доля АЦФ также возростала под влиянием залежи с 45–50% (пашня) до 55–60% (залежь). В почве залежи по сравнению с пашней доля АЦФ возрастает в среднем на 5–15%, что можно объяснить влиянием корневых систем травяного и древесного покрова многолетней залежи на структурно-агрегатное и гумусное состояние почв.

В качестве агрохимического индикатора оценки возраста залежи можно использовать содержание в почве легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ). На основе обобщения экспериментальных данных, мы предлагаем следующую градацию содержания ЛОВ в почвах

разновозрастных залежей (табл. 3). По сравнению с содержанием гумуса данный показатель более мобилен и значительно интенсивнее накапливается в почве в условиях залежи. Установлено, что содержание ЛОВ в почвах залежей зависит от агроэкологических условий и изменяется от 0,63 до 4,25%. По сравнению с почвой агроценозов количество ЛОВ в почвах залежей увеличивается на 59% или в 2,5 раза, а по сравнению с почвой, находящейся под чистым паром, увеличение еще более выраженное – на 71% или в 3,5 раза. Доля ЛОВ в составе органического вещества почвы (ОВП) существенно возрастает и составляет в зависимости от срока залежи 13,8–55,9% (Мукина, Шпедт, 2008).

Таблица 3

Содержание ЛОВ в почвах разновозрастных залежей (Трубников и др., 2021)

Срок залежи, лет	Содержание ЛОВ, С (%)	Доля ЛОВ от ОВП, %
4–5	<1,0	<20
7–8	1,1–1,2	20–25
9–10	1,3–1,4	25–30
14–15–20	>1,5	>30

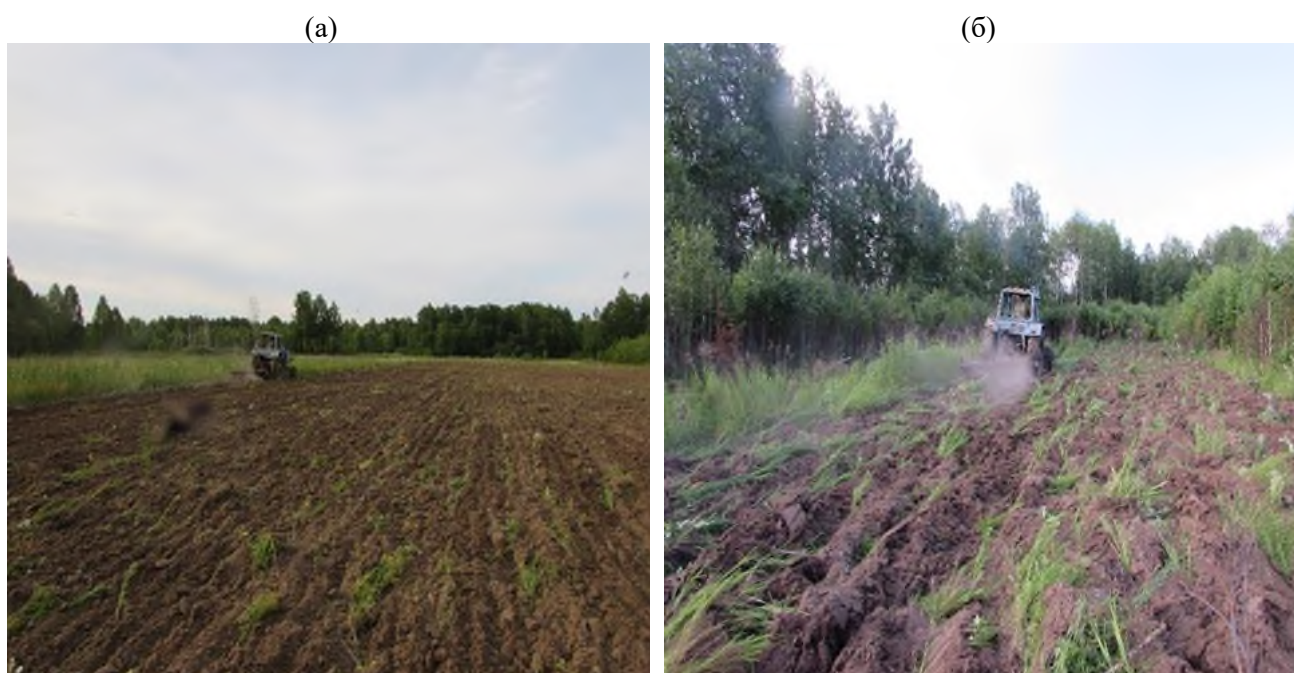
Примечание. ЛОВ – легкоразлагаемое органическое вещество, ОВП – органическое вещество почвы.

Доказано, что для принятия технологического решения по освоению залежей необходим натурный осмотр каждого участка, анализ почв и растительности, расчёт экономической эффективности (Зыбалов и др., 2020; Екимовская и др., 2023). Повсеместная распашка залежей нецелесообразна. Необходим поиск решений, зависящих от природных, социальных и экономических условий (Нечаева, 2023).

Выбор технологии вовлечения разновозрастных залежей в пашню зависит от их постагрогенного состояния на момент повторного освоения. В исследованиях Д.И. Люри с соавторами (2010, с. 326–327) установлено, что основное направление, стадии, скорость постагрогенной сукцессии зависят от зональной локализации и типа почв. Отметим, что восстановление естественной и культурной растительности может происходить по различным направлениям. С учётом флористического состава и доминирования определённого растительного сообщества мы выделяем следующие основные типы фитоценозов на залежных землях: луговой, древесно-луговой, лугово-древесный и древесный. Луговой тип формируется на полях, ранее используемых под сенокосы, с хорошо развитым дерновым горизонтом, с отсутствием «открытой» земли, что минимизирует контакт с почвой привнесённых семян различных растительных сообществ. Древесно-луговой и лугово-древесный типы, отличающиеся друг от друга доминированием травяной или древесной растительности, формируются при вспашке или поверхностном дисковании пласта многолетних трав, на пастбищных угодьях или на необработанных полях после уборки урожая, где создаются условия для фрагментарного контакта и прорастания семян. Древесный тип фитоценоза зарождается на полях, подготовленных к посеву, но не засеянных. В этом случае создаются благоприятные условия для зарастания полей любыми растениями. Со временем на залежных землях формируются определённые растительные ассоциации, которые выделяются на основании доминантов различных ярусов. Доминирование того или иного вида растений в составе ассоциации меняется со временем. В первые годы после вывода земель из пашни преобладают травянистые сообщества. В дальнейшем, если территория остаётся без обработки, происходит поступательная оккупация фитоценоза различными древесными и кустарниковыми ценозами. Г.Ф. Миллер с соавторами (2023) квалифицировали залежи по возрасту на молодые (до 5 лет), средние (5–15 лет) и старые (более 15 лет) в зависимости от стадий зарастания.

Опыты по усовершенствованию технологий освоения залежных земель проводили на дерново-подзолистых почвах подтаёжной зоны (Зареченский стационар ФИЦ КНЦ СО РАН). Использовали минимальный набор энергетических средств и сельскохозяйственных орудий, что характерно для большинства хозяйств, расположенных на нечернозёмных почвах подтаёжной зоны. Это обстоятельство необходимо учитывать, так как к сопутствующим условиям, влияющим на степень и скорость восстановления постагрогенных почв, относится уровень агротехники в период освоения залежей (Иванов и др., 2020; Нечаева, 2023).

Экспериментальные участки располагались на разновозрастных залежах – 3-х и 10-летнего возраста. Первичная обработка земель состояла из вспашки плугом ПЛН-3-35 (рис. 2). При вспашке участка 3-летней залежи серьёзных проблем не возникало. Вспашка поля, необрабатываемого десять лет, представляет технологически более сложную и более затратную операцию по сравнению с 3-летней залежью. При наличии дисковых почвообрабатывающих орудий (БДН, дискаторы и др.) в технологии обработки залежных земель необходимо включить предварительное дискование поля. Почва на поле 3-летней залежи приобретала удовлетворительное структурно-агрегатное состояние. На поле 10-летней залежи ещё сохранялось много крупных остатков дернины, что затрудняло обработку поля и не обеспечивало создание удовлетворительного структурно-агрегатного состояния почвы. Эти ограничения могут быть сняты предварительной обработкой поля дисковыми почвообрабатывающими орудиями, что позволит разуплотнять дернину и измельчать внутрипочвенную и поверхностную растительность.



**Рисунок 2.** Первичная обработка (вспашка) 3-летней (а) и 10-летней (б) залежи. Фото Ю.Н. Трубникова.

Через месяц после вспашки проведена первая культивация залежных земель, которая заметно улучшила структурно-агрегатное состояние почвы обрабатываемых полей. На залежи 3-летнего возраста одновременно с культивацией проводилось боронование поля. При культивации поля 10-летней залежи боронование исключалось, так как на поле оставалось ещё много неразделанной дернины и кустарниковых остатков. Вторая (предпосевная) культивация проводилась 14–19 августа, после которой производился посев озимой ржи (рис. 3).

При любой технологии освоения необходимо максимально сохранять гумусовый горизонт, особенно это касается маломощных нечернозёмных почв подтаёжной зоны.

В полевых опытах на освоенных залежах разного возраста, озимую рожь сорта Красноярская универсальная высевали 16–20 августа (в зависимости от погодных условий года), посев яровой пшеницы и овса – 20–25 мая. Полученные результаты показывают, что в первый год освоения залежных земель 3-х и 10-летнего возраста можно получать хозяйственно значимый урожай озимой ржи даже без применения удобрений (рис. 4).

Применение удобрений существенно увеличивает продуктивность культур (табл. 4). Установлено, что первая культура трехпольного севооборота – озимая рожь, формирует более высокий урожай при освоении залежи 3-летнего возраста, по сравнению с необрабатываемым участком в течение 10 лет. На удобренных вариантах отмечалась более значительная разница до 3 ц/га. Внесение фосфорно-калийных удобрений по 3-х и 10-летней залежи увеличивает урожайность озимой ржи в среднем на 23%. Внесение азотных удобрений весной обуславливает увеличение урожайности ещё на 20 и 17% соответственно возрасту залежи.



**Рисунок 3.** Посев озимой ржи на залежных землях 3-летнего (а) и 10-летнего (б) возраста. Фото Ю.Н. Трубникова.



**Рисунок 4.** Озимая рожь на 2-й год после освоения 3-летней залежи. Фото Ю.Н. Трубникова.

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений на урожай зерновых культур при разных сроках освоения разновозрастных залежей на дерново-подзолистых почвах, ц/га

Вариант опыта	Годы после освоения 3-х летней залежи				Годы после освоения 10-ти летней залежи			
	2-й	3-й	4-й	Среднее по вариантам	2-й	3-й	4-й	Среднее по вариантам
	Озимая рожь	Пшеница	Овёс		Озимая рожь	Пшеница	Овёс	
Контроль	17,6	10,5	13,1	13,7	16,0	11,1	14,0	14,0
N60		18,2	24,5	21,4		17,5	23,5	20,5
P60K60 – рожь N60P60 – яровые	21,8	21,5	27,7	23,7	19,7	21,9	27,8	23,1
P60K60+N60 – рожь N60P60K60 – яровые	26,2	23,8	28,5	26,2	23,2	24,2	28,0	25,8
НСП <sub>05</sub>	3,1	2,4	2,5		2,8	3,0	3,4	

Сбор зерна пшеницы и овса был практически равный на залежных землях разного возраста по всем вариантам опыта (см. табл. 4). Яровые зерновые культуры в большей степени реагировали на внесение азотных удобрений. Урожайность пшеницы и овса при внесении N60 увеличивалась в среднем в 1,5–2,0 раза. Отметим, что среднемноголетняя урожайность зерновых культур в производственных условиях подтаёжных агроландшафтов исследуемой зоны близка к показателям на контрольных вариантах наших опытов: озимая рожь – 16–18 ц/га, пшеница – 12–16 ц/га, овёс – 15–18 ц/га. На почвах с более высоким уровнем эффективного плодородия (тёмно-серые, чернозёмы оподзоленные) урожайность выше на 25–30%. Проведённые исследования наглядно показывают высокую эффективность минеральных удобрений при освоении разновозрастных залежей.

Исследуемые почвы относятся к классу кислых и (фрагментарно) сильнокислых. Опыты по известкованию этих почв нами проведены на стационаре в период их использования в пашне – до выведения в залежь. Доказана эффективность известкования на фоне различных доз и сочетаний минеральных удобрений под различные культуры восьмипольного зерно-паро-кормового севооборота (Трубников, 2011).

Полученные результаты согласуются с агрохимическим состоянием дерново-подзолистой почвы. Пахотный горизонт почвы на освоенной залежи в первой декаде мая характеризовался очень низким содержанием нитратного азота (1,3–3,6 мг/кг почвы), очень низкой и низкой обеспеченностью подвижным фосфором (2,3–4,2 мг/100 г почвы), низкой – обменным калием (4,5–6,8 мг/100 г почвы).

Примечательно, что засоренность посевов озимой ржи была ниже фитоценотического порога вредности сорных растений несмотря на то, что гербициды не применяли. Это подчёркивает важную роль озимой ржи как первой культуры в технологиях освоения залежей и как эффективного фитосанитарного предшественника для последующих зерновых культур севооборота, где гербициды также не использовались.

## ВЫВОДЫ

1. В дерново-подзолистых почвах содержание гумуса за 10–25-летний постагрогенный период увеличилось в 1,6 раза по сравнению с пашней. Содержание подвижных гумусовых веществ достоверно возросло (в 2,2 раза) в почве залежи. В дерново-подзолистых почвах тип гумуса в условиях залежи трансформировался из гуматно-фульватного в фульватно-гуматный, в серых лесных – из фульватно-гуматного в гуматный. Наибольший прирост гумусовых веществ отмечался в залежах дерново-подзолистых почв подтаёжной зоны; далее, по убывающей, располагались серая лесная почва подтайги и серая лесная почва лесостепи.

2. Доля агрономически ценных фракций возрастает в почве залежи по сравнению с пашней на 5–15%. Содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) в почвах залежей зависит от агроэкологических условий и изменяется от 0,63 до 4,25%. По сравнению с почвой агроценозов количество ЛОВ в почвах залежей увеличивается в среднем на 60%.

3. Обработка залежных земель по схеме: весенняя вспашка и последующая двухкратная культивация позволяет уже в первый год освоения высевать озимую рожь.

4. Обязательным агроприёмом следует считать внесение минеральных удобрений. Внесение фосфорно-калийных удобрений на 3-х и 10-летней залежи увеличивает урожайность озимой ржи в



среднем на 23%. Весеннее внесение азотных удобрений обуславливает увеличение урожайности ещё на 20 и 17% соответственно возрасту залежи. Применение минеральных удобрений на залежных землях разного возраста удваивает урожайность яровой пшеницы и овса.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фактическая площадь залежных земель в Приенисейской Сибири составляет около 1,5 млн га, что почти в 10 раз превышает данные Росреестра. В этой связи, официальная информация Росреестра не может служить объективным критерием для принятия организационных, научных, кадастровых и иных работ и решений. Для объективного учёта и выбора идеологии использования и вовлечения в пахотный фонд залежных земель требуется проведение их инвентаризации, в том числе с использованием современных методов дистанционного зондирования Земли. При планировании возврата залежных земель в пахотный фонд необходимо учитывать критерии их пахотнопригодности. В качестве индикатора трансформации почвенного плодородия залежных земель можно использовать гумусное состояние почв, как наиболее информативную и широко используемую характеристику, определяющую плодородие и положительно влияющую на другие свойства почвы. Существует положительная зависимость между количеством гумуса, подвижных гумусовых веществ в почвах залежей от их возраста. В почве залежи по сравнению с пашней доля агрономически ценных фракций возрастает на 5–15%. Уровень плодородия залежных почв, изученных нами генетических типов и разновидностей, низкий, что и обуславливает высокую эффективность минеральных удобрений. Заметное увеличение уровня плодородия дерново-подзолистых почв происходит после 15-летнего периода пребывания их в залежном состоянии, что обуславливается улучшением показателей гумусного состояния, увеличением содержания обменного калия и суммы обменных оснований. Кислотность почвы и содержание подвижного фосфора в залежных почвах не изменились. К отрицательным сторонам вывода полей в залежь можно отнести значительные затраты на их возврат в пашню. Оптимальный вариант консервации залежных земель с кислыми почвами (особенно отдалённых от поселений) – залужение смесью многолетних злаковых трав; такие земли будут служить надежным источником получения грубых кормов, местом выпаса и отгонного животноводства, перспективным объектом для освоения биологического земледелия.

### ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. Москва: Наука, 1975. 656 с.
- Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. Под редакцией Н.Ф. Ганжары. Москва: Агроконсалт, 2002. С. 51–53.
- Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Состояние и перспективы вовлечения залежных земель в оборот // *Мелиорация*. 2021. № 3 (97). С. 67–74.
- Государственный (национальный) доклад «О состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2022 году». Москва, 2023. 13 с.
- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году». Москва: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2023. С. 137–138.
- Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2022 году». Красноярск, 2023. 124 с.
- Данилов Д.А., Зайцев Д.А., Вайман А.А., Иванов А.А. Состояние почвенного комплекса под спелыми древостоями сосны и ели на постагrogenных землях юго-запада Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2022. № 240. С. 84–98. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.240.84-98>
- Добрянская С.Л. Оценка свойств залежи как потенциал для развития органического земледелия // *Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.)*. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 263–265. <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Екимовская О.А., Сизых А.П., Рупосов В.Л., Шеховцов А.И., Сороковой А.А., Белозерцева И.А., Гриценюк А.П., Атутова Ж.В., Лопатина Д.Н. Региональные аспекты возвращения залежных земель в сельскохозяйственный оборот (Республика Бурятия) // *География и природные ресурсы*. 2023. Том 44. № 3. С. 117–126. <https://doi.org/10.15372/GIPR20230312>

- Закон Красноярского края «О государственной поддержке субъектов агропромышленного комплекса края» от 21.02.2006 г. № 17-4487. <http://docs.cntd.ru/document/802055177>
- Зыбалов В.С., Сергеев Н.С., Запелалов М.В. Результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Южного Урала // *АПК России*. 2020. Том 27. № 1. С. 30–37.
- Иванов А.Л. Состояние, рациональное использование и охрана земельных (почвенных) ресурсов Российской Федерации // *Почвенные и земельные ресурсы: состояние*. Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2014. С. 13–33.
- Иванов А.И., Иванова Ж.А., Соколов И.В. Агрономическая эффективность освоения закустаренной залежи при воспроизводстве плодородия почв // *Плодородие*. 2020. № 2(113). С. 37–40. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.11>
- Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розова, В.А. Носин, Т.А. Фриев. Москва: Колос, 1977. 224 с.
- 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.
- Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н. Почвенно-экологическая оценка разновозрастных залежей юго-востока Западной Сибири // *Почвы и окружающая среда*. 2023. Том 6. № 4. e230. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Мукина Л.Р., Шпедт А.А. Запасы лабильного органического вещества в почвах агроценозов и залежей // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2008. № 1. С. 11–14.
- Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // *Почвы и окружающая среда*. 2023. Том 6. № 2. e215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Природно-сельскохозяйственное районирование и использование земельного фонда СССР / Под ред. А.Н. Каштанова. Москва: Колос, 1983. 336 с.
- Савостьянов В.К. Консервация земель как способ предотвращения их дальнейшей деградации и продвижения к устойчивому развитию // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2003. № 2. С. 96–98.
- Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: научно-практические рекомендации / под общ. ред. С.В. Брилёва. Красноярск, 2015. 224 с.
- Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2004. 162 с.
- Сорокина О.А., Токавчук В.В., Рыбакова А.Н. Постагрогенная трансформация серых почв залежей. Красноярск: КрасГАУ, 2016. 239 с.
- Сычѳв В.Г., Лунѳв М.И., Павлихина А.В. Состояние земельного фонда России и агрохимическая характеристика земель, выбывших из сельскохозяйственного оборота // *Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. акад. А.Л. Иванова*. Москва: Почвенный институт имени В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. С. 122–125.
- Телеснина В.М. Динамика свойств почв во взаимосвязи с растительностью при естественном постагрогенном зарастании сенокосов (Костромская область) // *Вестник Московского государственного университета. Серия 17: Почвоведение*. 2021. № 2. С. 18–28.
- Трубников Ю.Н. Кислые почвы Приенисейской Сибири и отзывчивость сельскохозяйственных культур на известкование // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 1. С. 19–21
- Трубников Ю.Н. Эффективность минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах Приенисейской Сибири // *Плодородие*. 2012. № 2. С. 16–18.
- Трубников Ю.Н., Шпедт А.А., Романов В.Н., Сорокина О.А., Гринберг С.Н., Якубайлик О.Э., Ерунова М.Г. Оценка и технологии освоения залежных земель Красноярского края: научно-практические рекомендации. Красноярск: Издательство ООО «Принт», 2021. 64 с.
- Трубников Ю.Н., Шпедт А.А. Оценка и освоение залежных земель Приенисейской Сибири // *Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.)*. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. С. 385–390. <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>

Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Гумусное состояние и рациональное использование почв залежных земель Приенисейской Сибири // [Достижения науки и техники АПК](#). 2017. Том 31. № 5. С. 5–8.

Поступила в редакцию 14.08.2024

Принята 02.11.2024

Опубликована 08.11.2024

#### Сведения об авторах:

**Трубников Юрий Николаевич** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории космических систем и технологий ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [trubnikov124@yandex.ru](mailto:trubnikov124@yandex.ru)

**Шпедт Александр Артурович** – доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](#)

## Changes in soil properties of differently aged abandoned lands and agrotechnical methods for the land development

© 2024 Yu. N. Trubnikov , A. A. Shpedt 

Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS”, Akademgorodok 50, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: [trubnikov124@yandex.ru](mailto:trubnikov124@yandex.ru); [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

**The purpose of the study.** Assessment of changes in the agrochemical status of soils of abandoned lands at different stages of spontaneous revegetation in the south-east of West Siberia and the development of technologies for such lands development.

**Location and time of the study.** The research was carried out in 2014–2022 in the subtaiga and forest-steppe zones of the Krasnoyarsk Territory, confined to the Achinsk-Bogotolsky (Tyukhtetsky district, Zarechenskoye experimental field, sod-podzolic and gray forest soils) and Nazarovsky (Sharypovsky district, gray forest soils) natural areas.

**Methods.** The age of the abandoned lands was modeled by sequentially removing arable land from the agricultural use. In studies on the humus transformation in the abandoned lands a comparative analysis of soil analogues of the abandoned and arable areas was used at the following study sites: 1) long-term arable land; 2) land abandoned for 8 and 10 years. Field experiment was carried at Zarechensky Experimental Station on abandoned lands aged 3 and 10 years during the first four years after the land was put once again in the agricultural use, cropped for wheat, oats or rye. Humus, mobile soil P and K, pH and the sum of exchangeable bases were measured in soil samples collected from the ploughed layer. The primary soil tillage consisted of ploughing in spring, followed by removing woody plants and two cultivations prior to sowing rye. Prior to sowing spring wheat and oats the soil was ploughed, cultivated and harrowed; herbicides were not used.

**Results.** The content of humus in the sod-podzolic soil of the abandoned land increased 1,6 times over 10 years, and mobile humus substances increased 2,2 times compared with the arable soil. The newly formed humic substances were mainly of the fulvate-humate type. In the gray forest soil in the forest-steppe, the humus content in the 8-year-old abandoned land 1,2 times mainly due to humic acids. The greatest increase in humic substances was observed in the sod-podzolic soils of the abandoned lands in the subtaiga zone, followed in the descending order by the gray forest soil of the subtaiga and the gray forest soil of the forest steppe. In sod-podzolic soils the content of humus, available forms of phosphorus and potassium, as well as soil acidic/alkaline properties did not change significantly over 3 and 10 years of land abandonment. In the lands abandoned for long terms, i.e. for 15 and 25 years, the humus content increased by 33 and 55%, whereas K<sub>2</sub>O increased by 57 and 70%, the amount of exchange bases by 28 and 54%, respectively. The soil acidity and the mobile phosphorus content did not change. At the 10-year-old abandoned site the proportion of agronomically valuable fractions of soil aggregates increased by 10–15%. Compared with the arable soil, the amount of easily decomposable organic matter in soils of abandoned lands increased by 59%, or 2,5 times. Phosphorus-potassium fertilizers applied on 3- and 10-years-old abandoned lands increased the winter rye yield by 23% in average. Spring nitrogen fertilization increased the yield by 20% and 17% more according to the longevity of abandonment. Wheat and oats yields were almost similar on abandoned lands of different ages in all variants of the experiment. Spring crops response to the application of nitrogen fertilizers was stronger.

**Conclusion.** Abandonment of lands occupied with sod-podzolic soils in the subtaiga zone and gray forest soils in the forest-steppe resulted in a positive humus budget, which depends on the soils genesis. The largest annual increase in humic substances content was observed in sod-podzolic soils, followed in decreasing order by the gray forest soils of the subtaiga and forest steppe. In the mid-term (10–15 years) and long-term (more than 15 years) abandoned lands the soil agrophysical and agrochemical properties were improving. An area abandoned for 3–10 years can be prepared for sowing winter rye in one field season. The application of mineral fertilizers on the abandoned lands once again ploughed for agricultural use can increase the grain yields by an average of 70–100%, nitrogen fertilizers being of crucial importance. The best option for the conservation of abandoned lands occupied by acidic soils (especially in locations remote from settlements) is to establish meadows of perennial grasses and herbs. Such lands will serve as a reliable source of feed, a place for the livestock grazing and a promising object for biological agriculture.

**Keywords:** abandoned lands; soil; humus; agrochemical properties; development; fertilizers; agrocenosis; agrotechnologies.

**How to cite:** Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A. Changes in soil properties of differently aged abandoned lands and agrotechnical methods for the land development. 2024. 7(3). e279. DOI: [10.31251/pos.v7i3.279](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.279) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

- Agrochemical methods of soil research / Edited by A.V. Sokolov. Moscow: Nauka Publ., 1975. 656 p. (in Russian).
- Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baibekov R.F. Workshop on soil science. Edited by N.F. Ganzhara. Moscow: Agroconsult, 2002. p. 51–53. (in Russian).
- Golubev I.G., Apatenko A.S., Sevryugina N.S. The state and prospects of involving the deposits in circulation. *Land Reclamation*. 2021. No. 3 (97). P. 67–74. (in Russian).
- State (national) report "On the state and use of lands in the Russian Federation in 2022". Moscow, 2023. 13 p. (in Russian).
- State report "On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2022". Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia; Lomonosov Moscow State University, 2023. P. 137–138. (in Russian).
- State report "On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2022". Krasnoyarsk, 2023. 124 p. (in Russian).
- Danilov D.A., Zaytsev D.A., Vaiman A.A., Ivanov A.A. Condition of the soil complex under the mature stands of pine and spruce on post-agrogenic lands of the south-west of the Leningrad region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*. 2022. No. 240. P. 84–98. (in Russian). <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.240.84-98>
- Dobryanskaya S.L. Assessment of fallower properties as a potential for the development of organic farming. In book: Soils and Environment [Electronic resource]: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, October 2–6, 2023). Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 263–265. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Yekimovskaya O.A., Sizykh A.P., Ruposov V.L., Shekhovtsov A.I., Sorokovoi A.A., Belozertseva I.A., Gritsenyuk A.P., Atutova Zh.V., Lopatina D.N. Regional aspects of returning fallow land to agricultural use (Republic of Buryatia). *Geografia i prirodnye resursy*. 2023. Vol. 44. No. 3. P. 117–126. (in Russian). <https://doi.org/10.15372/GIPR20230312>
- The Law of the Krasnoyarsk Territory "On state support for the subjects of the agro-industrial complex of the region" dated 02/21/2006. No. 17-4487. (in Russian). <http://docs.cntd.ru/document/802055177>
- Zybalov V.S., Sergeev N.S., Zapevalov M.V. The results of monitoring fallow lands in the forest-steppe zone of the Southern Urals. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2020. Vol. 27. No. 1. P. 30–37. (in Russian).
- Ivanov A.L. The state, rational use and protection of land (soil) resources of the Russian Federation. In book: Soil and land resources: state. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, 2014. P. 13–33. (in Russian).
- Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Sokolov I.V. Agronomic efficiency of bushy idle land reclamation under various methods of soil fertility reproduction. *Plodorodie*. 2020. No. 2(113). P. 37–40. (in Russian). <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.11>
- Classification and diagnostics of soils of the USSR / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Frieв. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).

- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of Agricultural lands of Russia in XX century and Postagrogenic Restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).
- Miller G.F., Solovyev S.V., Bezborodova A.N. Soil-ecological assessment of soils of abandoned lands of diggerent age in the southeast of West Siberia. The Journal of Soils and Environment. 2023. Vol. 6. No. 4. e230. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>
- Mukina L.R., Shpedt A.A. Reserves of labile organic matter in soils of agrocenoses and deposits. Melioration and Water Management. 2008. No. 1. P. 11–14. (in Russian).
- Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). The Journal of Soils and Environment. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Natural and agricultural zoning and use of the USSR land fund / Edited by A.N. Kashtanov. Moscow: Kolos Publ., 1983. 336 p. (in Russian).
- Savostyanov V.K. Conservation of lands as a way to prevent their further degradation and progress towards sustainable development. Siberian Herald of Agricultural Science Siberian Bulletin of Agricultural Sciences. 2003. No. 2. P. 96–98. (in Russian).
- Farming system of the Krasnoyarsk Territory on the landscape basis: scientific and practical recommendations / edited by S.V. Brilev. Krasnoyarsk, 2015. 224 p. (in Russian).
- Sorokin O.D. Applied statistics on a computer. Novosibirsk, 2004. 162 p. (in Russian).
- Sorokina O.A., Tokavchuk V.V., Rybakov A.N. Postagrogenic transformation of gray soils of deposits. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2016. 239 p. (in Russian).
- Sychev V.G., Lunev M.I., Pavlikhina A.V. State of the land fund of Russia and agrochemical characterization of the lands retired from agricultural use. In book: Agro-ecological state and prospects of utilization of Russian lands retired from active agricultural turnover. Proceedings of the All-Russian Scientific Conference / Edited by Acad. A.L. Ivanov. Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy. Dokuchaev Soil Institute of Rosselkhozakademy, 2008. P. 122–215. (in Russian).
- Telesnina V.M. Soil features dynamic in connection with vegetation due to natural post-agrogenic hayfields overgrowing (Kostroma Region). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie. (Moscow University Soil Science Bulletin)*. 2021. No. 2. P. 18–28. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N. Acidic soils of Yenisei Siberia and responsiveness of agricultural crops to liming. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2011. No. 1. P. 19–21. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N. Efficiency of mineral fertilizers on soddy-podzolic soils of Yenisei Siberia. *Plodorodie*. 2012. No. 2. P. 16–18. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A., Romanov V.N., Sorokina O.A., Grinberg S.N., Yakubailik O.E., Yerunova M.G. Assessment and technologies of development of fallow lands of the Krasnoyarsk Territory: scientific and practical recommendations. Krasnoyarsk: Publishing house of Print LLC, 2021. 64 p. (in Russian).
- Trubnikov Yu.N., Shpedt A.A. Assessment and development of fallow lands of Yenisei Siberia. In book: Soils and Environment [Electronic resource]: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, October 2–6, 2023). Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 385–390. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/conf1-2023>
- Shpedt A.A., Trubnikov Yu.N. Humic State and Rational Use of Idle Lands of Yenisei Siberia. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2017. Vol. 31. No. 5. P. 5–8. (in Russian).

*Received 14 August 2024*

*Accepted 02 November 2024*

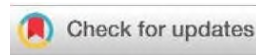
*Published 08 November 2024*

#### **About the authors:**

**Yuri N. Trubnikov** – Doctor of Agricultural Sciences, Principal Researcher in the Laboratory of Space Systems and Technology in the Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” (Krasnoyarsk, Russia); [trubnikov124@yandex.ru](mailto:trubnikov124@yandex.ru)

**Alexander A. Shpedt** – Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” (Krasnoyarsk, Russia); [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.261>

## Пространственно-временной анализ почвенных показателей углеродного цикла в постагрогенных экосистемах южного Подмосквья

© 2024 А. И. Романова , В. А. Маханцева , Т. Ю. Волкова , Т. Н. Лебедева ,  
А. И. Журавлева , Е. С. Митрохина , И. Н. Курганова , К. В. Иващенко 

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН», ул. Институтская, д. 2, корпус 2, г. Пушкино, Московская обл., 142290, Россия. E-mail: [gavrisheva.ast@gmail.com](mailto:gavrisheva.ast@gmail.com)

**Цель исследования.** Анализ пространственно-временного изменения содержания, запасов общего углерода (С) и углерода микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ), скорости базального дыхания (БД), доступности органического вещества для микробного разложения (БД:С) в пахотных и постагрогенных серых почвах южного Подмосквья.

**Место и время проведения.** Московская область, г. Пушкино, опытно-полевая станция Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, июнь 2023 г.

**Методы.** Исследования проводили на почвах разного типа землепользования: пашня, залежь под луговой растительностью и залежь под молодым берёзовым лесом. Для каждого типа землепользования были выполнены геоботанические описания и отобраны почвенные образцы из верхней части профиля (0–30 см с шагом 5 см) в четырёх пространственно-удалённых точках. В почвенных образцах определили содержание и запасы С и  $C_{\text{мик}}$ , отношение С:N, скорость БД и доступность органического вещества для микробного разложения (БД:С).

**Основные результаты.** После 9 лет параллельного функционирования агроценоза и постагрогенных экосистем максимальные запасы общего углерода в почвенном слое 0–30 см характерны для залежи под молодым берёзовым лесом ( $72 \text{ т С га}^{-1}$ ), а минимальные ( $45 \text{ т С га}^{-1}$ ) – для пашни. Актуальная скорость накопления общего углерода в почвах залежей может составлять  $0,9$  и  $2,4 \text{ т С га}^{-1} \text{ год}^{-1}$  для лугового разнотравья и молодого леса, соответственно. Соотношение С:N в почвах залежей за 9-летний период увеличилось в 1,2–1,5 раза в слое 0–5 см. С глубиной отношение С:N снижалось. Отмечено уменьшение скорости базального дыхания почвы в слое 0–10 см в ряду: залежь под луговым разнотравьем > залежь под молодым берёзовым лесом > пашня. Выявлена тенденция увеличения БД:С в верхнем слое (0–5 см) почв пашни и залежи под луговым разнотравьем в 1,2 раза за наблюдаемый период (от 49 до  $60 \text{ мкг С г}^{-1} \text{ С ч}^{-1}$  и от 52 до  $67 \text{ мкг С г}^{-1} \text{ С ч}^{-1}$ , соответственно). Для залежи под молодым берёзовым лесом показана обратная тенденция – уменьшение БД:С в 1,9 раза (от 74 до  $39 \text{ мкг С г}^{-1} \text{ С ч}^{-1}$ ).

**Заключение.** Конверсия пахотных почв в залежи, занятые луговой или молодой лесной растительностью, как в хроноряду, так и во времени приводит к накоплению общего углерода, что наиболее заметно в верхней части почвенного профиля (слой 0–5 см).

**Ключевые слова:** пашня; залежь; запасы углерода; запасы микробной биомассы, базальное дыхание.

**Цитирование:** Романова А.И., Маханцева В.А., Волкова Т.Ю., Лебедева Т.Н., Журавлева А.И., Митрохина Е.С., Курганова И.Н., Иващенко К.В. Пространственно-временной анализ почвенных показателей углеродного цикла в постагрогенных экосистемах южного Подмосквья // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e261. DOI: [10.31251/pos.v7i3.261](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.261).

### ВВЕДЕНИЕ

Площадь сельскохозяйственных угодий в России существенно сократилась в результате экономического кризиса 1990-х годов. Данные Росстата ([https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy2024](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy2024)) указывают на сокращение посевных площадей с 1990 года (117,7 млн га) по 2023 год (81,2 млн га) примерно на 36,5 млн га. В настоящее время на большей части этих территорий происходит восстановление естественных экосистем, сопровождающееся изменением состава растительности, характера почвообразования и свойств почв (Люри и др., 2010; Zhang et al., 2024). При зарастании заброшенных сельскохозяйственных угодий, особенно после их длительного использования, существенно изменяются основные физические, химические и биологические свойства верхних горизонтов почвы (Телеснина, Жуков, 2019; Falkengren-Grerup et al., 2005; Cramer et al., 2008). Характер изменения содержания **органического вещества (ОВ)** в почвах в процессе их постагрогенного развития представляет большой интерес для отечественных и зарубежных исследователей (Тейт, 1991; Телеснина и др., 2017; Рыжова и др., 2020; Tisdall, Oades, 1982; Vesterdal et al., 2002; Kurganova, Lopes

de Gerenyu, 2008; Poeplau et al., 2011; Kalinina et al., 2013). В некоторых работах выявлено, что с увеличением периода отсутствия сельскохозяйственной нагрузки содержание **общего углерода (С)** в почве увеличивается (Телеснина и др., 2017; Kurganova, Lopes de Gerenyu, 2008; Kalinina et al., 2015; Post, Kwon, 2000). Другие исследователи показали, что содержание С в залежных почвах может изменяться незначительно (Kalinina et al., 2013) или даже снижаться (Vesterdal et al., 2002). На скорость изменения запасов С влияют многие факторы, такие как климатические условия, тип и свойства почвы, а также история землепользования.

Тип растительности оказывает весьма существенное влияние на ряд физико-химических свойств почвы и её биологическую активность (Казакова и др., 2018; Копчик и др., 2018; Лукина и др., 2019). При зарастании бывших агрогенных почв свойства их верхнего старопашотного слоя максимально изменяются (Макаров, 1981; Falkengren-Grerup et al., 2005). В процессе постагрогенного развития быстрее всего восстанавливаются такие почвенные свойства, как кислотность и содержание обменных оснований (Kalinina et al., 2009).

В условиях глобального изменения климата крайне востребована оценка секвестрации С в результате восстановления зональных природных экосистем на залежных землях. По оценкам И.Н. Кургановой с соавторами (Kurganova et al., 2015) общее накопление С в постагрогенных экосистемах на всей территории России в первые 20 лет после вывода почв из сельскохозяйственного использования составляет в среднем  $155 \pm 27$  млн т С год<sup>-1</sup>, при этом средняя скорость секвестрации углерода в этот период оценивается в  $1,05 \pm 10$  т С га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup> (Kurganova et al., 2014). Важно отметить, что такие оценки основаны на сравнительной характеристике запасов С в почвах постагрогенных экосистем с таковыми на современных пашнях. Однако при оценке скоростей накопления С в постагрогенных почвах не учитываются скорости изменения запасов С на пашнях. Следовательно, пространственно-временной анализ показателей почвенного цикла С в постагрогенных и пахотных почвах позволит более корректно оценить актуальные скорости изменений запасов С.

Цель работы – анализ пространственно-временного изменения содержания, запасов общего углерода (С) и углерода микробной биомассы (Смик), скорости базального дыхания (БД), доступности органического вещества для микробного разложения (БД:С) в пахотных и постагрогенных серых почвах южного Подмосковья спустя 9 лет их функционирования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на территории опытно-полевой станции Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино Московской обл., 54°49' с. ш.; 37°34' в. д.), на которой располагалась пахотная и постагрогенные экосистемы, выведенные из сельскохозяйственного оборота в 2004 и 2008 г. (рис. 1). По многолетним данным метеостанции комплексного фонового мониторинга п. Данки (Серпуховский р-н Московской обл.), среднегодовая температура воздуха  $\pm$  стандартная ошибка (SE) в 1991–2020 гг. в районе исследований составила  $5,7 \pm 0,1$ °С, а средняя многолетняя годовая сумма осадков ( $\pm$ SE) –  $640 \pm 20$  мм. Температуры июля и января ( $\pm$ SE) за этот же период составляют  $18,8 \pm 0,3$  и  $-7,2 \pm 0,6$ °С, соответственно. Постоянный снежный покров в разные годы образуется в регионе, начиная с ноября до середины января, и держится, как правило, до середины апреля (Курганова и др., 2023).



Рисунок 1. Расположение объектов исследования.

Для изучения растительного сообщества в каждой экосистеме закладывали геоботаническую площадку размером 10×10 м, на которой оценивали общее проективное покрытие растительности и видовой состав высших сосудистых растений. Определение таксонов и их анализ проводили по П.Ф. Маевскому (2014). Для площадки со сформированным древесным ярусом (залежь 2004 г.) дополнительно проводили сплошной пересчет деревьев с диаметром ствола более 8 см на высоте 1,3 м и/или высотой более 6 м, с указанием видовой принадлежности, высоты, диаметра на высоте 1,3 м. На пашне геоботанические исследования не проводили ввиду нестабильности биоразнообразия, связанного с режимом землепользования (зерно-паровой севооборот).

**Отбор почвенных образцов и пробоподготовка.** Объекты исследования расположены в зоне распространения серых почв (зона широколиственных лесов). Дизайн отбора образцов почвы в 2023 г. соответствовал пробоотбору 2014 года (Овсепян, 2018). В каждой экосистеме была выбрана площадка 100 м<sup>2</sup> с наиболее типичной растительностью, на которой методом «конверта» в пяти пространственно-удалённых точках отбирали смешанные образцы почв из четырёх прикопок с различных глубин (0–5, 5–10, 10–20 и 20–30 см, всего 48 образцов). Плотность сложения почвы определяли в каждом из этих слоёв в трёхкратной повторности методом Качинского (Вадюнина, Корчагина, 1986) с использованием цилиндра объёмом 100 см<sup>3</sup>. Определение влажности почв проводили гравиметрическим методом после высушивания при 105 °С в течение 8 часов.

Для выполнения анализов использовали воздушно-сухие образцы почв, просеянные через сито с диаметром ячеек 2 мм с исключением корней и твёрдых включений. Все анализы проводили в 3-кратной аналитической повторности. Показатели сравнивали в ряду пашня – луг – лес и в динамике за 9 лет для каждой из трех экосистем.

**Химические и микробиологические анализы.** В измельчённых до пудры образцах почвы определяли содержание общего углерода (С) и общего азота (N) на CHN-анализаторе (Elementar, Германия). Рассчитывали отношение С:N (делением С на N в процентах).

Скорость базального дыхания (БД) почвы измеряли по интенсивности выделения CO<sub>2</sub>. Навеску воздушно-сухой почвы массой 10 г помещали во флаконы объёмом 110–115 мл, увлажняли до 70% от наименьшей влагоёмкости, закрывали полиэтиленовыми плёнками, пропускающими воздух и инкубировали при температуре 22 °С в течение 7 дней. После инкубации флаконы с почвой проветривали, герметично закрывали резиновыми пробками и выдерживали при той же температуре 15–20 часов. Затем определяли концентрацию CO<sub>2</sub> во флаконе с использованием портативного газоанализатора LiCor 820 (США). Скорость БД (мкг С г<sup>-1</sup> ч<sup>-1</sup>) рассчитывали по формуле:

$$\text{БД} = (C_1 - C_0) \times 12 \times V_{\text{возд.}} \times 1000 / m \times 22,4 \times t \times 100 \quad (1),$$

где C<sub>0</sub> и C<sub>1</sub> – начальная и конечная концентрации CO<sub>2</sub> во флаконе (объёмные %); V<sub>возд.</sub> – объём воздуха во флаконе (мл); t – время инкубации (час); m – навеска почвы (г); 12 – молярный вес углерода (г); 22,4 – молярный объём (л).

Рассчитывали отношение БД:С (мкг С г<sup>-1</sup> С ч<sup>-1</sup>) для характеристики доступности органического вещества для почвенных микроорганизмов.

Содержание углерода микробной биомассы (С<sub>мик</sub>) определяли методом субстрат-индуцированного дыхания по скорости выделения CO<sub>2</sub> после обогащения почвы дополнительным источником углерода – глюкозой (Anderson, Domsch, 1978). Для определения С<sub>мик</sub> флаконы с почвой после измерения БД проветривали и вносили 1 мл раствора глюкозы (концентрация 10 мг г<sup>-1</sup> почвы). Через час после добавления субстрата флаконы снова проветривали, герметично закрывали, инкубировали при температуре 22 °С в течение двух часов и затем снова определяли концентрацию CO<sub>2</sub> во флаконе. Скорость субстрат-индуцированного дыхания рассчитывали по формуле (2), выражая в мкл CO<sub>2</sub> г<sup>-1</sup> почвы ч<sup>-1</sup>. Содержание С<sub>мик</sub> рассчитывали согласно уравнению (Anderson, Domsch, 1978):

$$C_{\text{мик}} = V_{\text{сид}} \times 40,04 + 0,37 \quad (2),$$

где С<sub>мик</sub> – содержание углерода, иммобилизованного в микробной биомассе (мкг С г<sup>-1</sup> почвы), V<sub>сид</sub> – скорость субстрат индуцированного дыхания (мкл CO<sub>2</sub> г<sup>-1</sup> ч<sup>-1</sup>), 40,04 и 0,37 – коэффициенты перехода от субстрат индуцированного дыхания (мкл CO<sub>2</sub> г<sup>-1</sup> ч<sup>-1</sup>) к микробной биомассе (мкг С г<sup>-1</sup>).

Определение запасов общего углерода (С, т га<sup>-1</sup>) и углерода микробной биомассы (С<sub>мик</sub>, кг га<sup>-1</sup>) в слое почвы мощностью Н (см) рассчитывали исходя из их содержания в анализируемом слое почвы С<sub>с</sub> (%) и плотности ВД (г см<sup>-3</sup>) этого слоя, согласно формуле:

$$S_c = C_c \times \text{ВД} \times H \quad (3)$$

Суммарные запасы С и С<sub>мик</sub> в слое 0–30 см получали суммированием запасов С или С<sub>мик</sub> во всех исследуемых слоях.



**Обработка данных.** Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ Microsoft Excel, SigmaPlot 11.0. В таблицах приведены средние значения и стандартная ошибка ( $M \pm SE$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Растительный покров на пашне и залежах.** Основные характеристики растительного покрова изучаемых участков приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

Сравнительная характеристика растительного покрова пашни и залежей, согласно геоботаническим описаниям разных лет

Экосистема	Год	Фитоценоз	Число видов, шт.
Пашня	2014*	Зерно-паровой севооборот, яровой ячмень	1
	2023		
Залежь 16 лет (ЛГ)	2014*	Вейниково-пижмовый луг с подростом ивы и березы	–
	2023	Вейниково-золотарниковый луг с подростом осины, березы, сосны, ивы	27
Залежь 20 лет (БР)	2014*	Залежь, заросшая подростом берёзы, ивы (высота 2-4 м)	–
	2023	Мертвопокровный березняк (формула древостоя Б1Ив, высота 10 м, диаметр 7 см)	29

Примечание.

ЛГ – залежь под вейниково-золотарниковым лугом с 2008 г., БР – залежь под молодым берёзовым лесом с 2004 г. \* – описания 2014 года приведены по данным Л.А. Овсепян (2018). Прочерк означает отсутствие данных.

Растительность пашни обуславливается возделываемой в севообороте культурой и рудеральной флорой из банка семян окружающей растительности. В 2023 году на изучаемом участке был высеян яровой ячмень (*Hordeum* sp.). Кроме того, отмечены виды рудеральной флоры: бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), мятлик (*Poa* sp.), дымянка (*Fumaria* sp.).

Растительность **луговой залежи** (ЛГ, залежь 2008 г.) представлена разнотравьем, основу которого составляют вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) и золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.); всего отмечено 27 видов с общим проективным покрытием площадки 77%. Установлено наличие подроста следующих древесных растений: осина (*Populus tremula* L.), берёза повислая (*Betula pendula* Roth), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ива (*Salix* sp.), что говорит о возможном последующем переходе лугового сообщества в лесное. За 9 лет отмечается увеличение разнообразия подроста древесных пород. За этот период произошла смена субдоминанта с пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) на золотарник канадский, который является высокоактивным инвазивным видом.

Залежь под **берёзовым лесом** (БР, залежь 2004 г.) представлена сомкнутым мертвопокровным (проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса 6%) древесным сообществом в стадии жердняка с доминированием берёзы повислой и участием ивы козьей (*Salix caprea* L.) со средней высотой 10 м и диаметром 7 см на высоте 1,3 м; формула древостоя 9Б1Ив. В сообществе отмечено произрастание 29 видов. С 2014 года произошло развитие древесного яруса и переход со стадии зарастающей залежи в молодой лес, который характеризуется запасом древесины  $137 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$  и относительной полнотой древостоя 1,06.

В целом на обследуемых участках обнаружено 43 вида высших сосудистых растений, которые относятся к 42 родам, 23 семействам, 17 порядкам, 3 классам и 2 отделам. Преобладающим по числу видов оказалось семейство Сложноцветные (*Asteraceae*), включающее 10 видов (23%), затем семейства Зонтичные (*Apiaceae*), Розоцветные (*Rosaceae*), по 4 вида (9%) в каждом, и Злаки (*Gramineae*), представленные 3 видами (7%). Сложноцветные, розоцветные и злаки являются лидирующими семействами для Московской области. Насчитывалось 16 одновидовых семейств. Большинство видов характерны для данного региона, среди них встречаются и адвентивные. Основной адвентивный вид — это золотарник канадский, произрастающий на всех исследуемых участках, с наибольшим проективным покрытием (12%) на залежи 2008 г.

**Содержание углерода и микробная активность в пахотной и постагрогенных почвах.** Содержание общего углерода в почвах залежей за изучаемый период увеличилось на 0,2–1,2%

практически для всего почвенного профиля (0–30 см). Содержание С в слоях 0–5 и 5–10 см пахотной почвы в динамике за 9 лет практически не изменилось, а в нижележащих слоях даже уменьшилось на 0,1–0,2% (табл. 2). Низкое содержание С в почве пашни связано с распашкой и меньшим накоплением растительных остатков по сравнению с постагрогенными экосистемами. Подобную тенденцию наблюдали в постагрогенных дерново-подзолах, в которых содержание общего углерода возрастало и было особенно высоким в верхней части профиля. Так, в слое 0–5 см одиннадцатилетней залежи содержание С увеличилось в 2 раза по сравнению с пахотной почвой, а с увеличением возраста залежи такие различия становились более выражены (Курганова и др., 2022). После выведения пахотных почв из сельскохозяйственного оборота на них начинает развиваться естественная растительность, увеличивается разнообразие растительного покрова и фитомасса (Телеснина и др., 2017, 2019). Таким образом, увеличивается поступление органического вещества в почву при отсутствии отчуждения растительного материала с урожаем, что способствует накоплению общего углерода в бывшем пахотном слое (Post, Kwon, 2000; Guo, Gifford, 2002; Poerplau, Don, 2013; Kalinina et al., 2014; Kurganova et al., 2014).

Таблица 2

Сравнительная характеристика содержания общего углерода (С) и отношение С:N в пахотных и постагрогенных серых почвах под луговой растительностью (ЛГ) и берёзовым лесом (БР)

Экосистема	Слой, см	2014 г.*		2023 г.	
		С, %	С:N <sup>1</sup>	С, %	С:N <sup>2</sup>
Пашня	0–5	1,29 ± 0,1**	10,8	1,28 ± 0,1	11,1
	5–10	1,26 ± 0,2	10,5	1,22 ± 0,1	10,9
	10–20	1,25 ± 0,1	10,4	1,13 ± 0,1	10,3
	20–30	1,11 ± 0,0	10,1	0,89 ± 0,1	10,1
Залежь (ЛГ)	0–5	1,64 ± 0,0	10,9	2,15 ± 0,1	13,5
	5–10	1,38 ± 0,5	10,2	1,59 ± 0,0	12,1
	10–20	1,22 ± 0,1	10,2	1,45 ± 0,1	11,8
	20–30	1,21 ± 0,1	10,0	1,22 ± 0,0	11,4
Залежь (БР)	0–5	1,68 ± 0,1	12,0	2,83 ± 0,1	18,0
	5–10	1,35 ± 0,1	10,8	2,06 ± 0,1	17,8
	10–20	1,14 ± 0,1	10,3	1,56 ± 0,2	16,4
	20–30	1,02 ± 0,2	9,7	1,29 ± 0,0	16,5

Примечание.

ЛГ – залежь под вейнико-золотарниковым лугом с 2008 г., БР – залежь под молодым берёзовым лесом с 2004 г. \* – данные по отбору 2014 года приведены по материалам Л.А. Овсепян (2018). \*\* – представлены средние значения и стандартная ошибка ( $M \pm SE$ , здесь и далее в табл. 2–3). 1 и 2 – для отношения С:N значения стандартной ошибки (SE) не превышают 0,2 и 0,3 соответственно.

Содержание углерода микробной биомассы в слое 0–30 см серых почв в разные годы показано в таблице 3. По мере развития сукцессии происходило незначительное увеличение содержания  $S_{\text{мик}}$  на пашне и залежи с луговым разнотравьем от 342 до 371 и от 466 до 497 мкг С г<sup>-1</sup> соответственно. В почве залежи под березняком содержание  $S_{\text{мик}}$  за 9 лет не изменилось. Такая закономерность объясняется более высоким содержанием в почвах залежей с луговым разнотравьем легкоразлагаемого опада травянистых растений, который является легкодоступным питательным субстратом для почвенных микроорганизмов (Ларионова и др., 2017). В целом для пахотных почв характерно минимальное содержание  $S_{\text{мик}}$  как в динамике, так и в хроноряду, так как основным источником органического вещества является корневая фитомасса, остающаяся после вспашки, и, как следствие, поступление легкоразлагаемых растительных остатков лимитировано.

Скорость базального дыхания верхнего слоя (0–5 см) пахотной почвы во времени изменялась незначительно (см. табл. 3). В почве залежи с луговым разнотравьем дыхательная активность была выше в 1,7 раз по сравнению с пашней. Скорость БД залежи под березняком в динамике не изменилась и даже немного снизилась, составив в среднем 1,11 мкг С г<sup>-1</sup> ч<sup>-1</sup>. Средняя скорость БД в изученных залежных почвах была в 1,5–2,0 раза выше, чем на пахотном участке. В верхнем слое (0–5 см) почв пашни и залежи с луговым разнотравьем отмечена тенденция увеличения БД:С в 1,2 раза за наблюдаемый период. Для залежи под березняком выявлена обратная тенденция – уменьшение БД:С в 1,9 раза спустя 9 лет, что может указывать на усложнение качества органического вещества и снижение его доступности для почвенных микроорганизмов в процессе постагрогенной сукцессии в молодых лесах (Ovsepyan et al., 2020).

Таблица 3

Содержание микробного углерода ( $S_{\text{мик}}$ ), базальное дыхание (БД) и динамика изменения величины БД:С в пахотной и постагрогенных серых почвах

Объект	Слой, см	Отбор 2014 г.*			Отбор 2023 г.		
		$S_{\text{мик}}$ , мкг С г <sup>-1</sup>	БД, мкг С г <sup>-1</sup> ч <sup>-1</sup>	БД:С, мкг С г <sup>-1</sup> С ч <sup>-1</sup>	$S_{\text{мик}}$ , мкг С г <sup>-1</sup>	БД, мкг С г <sup>-1</sup> ч <sup>-1</sup>	БД:С, мкг С г <sup>-1</sup> С ч <sup>-1</sup>
Пашня	0–5	342 ± 30	0,63 ± 0,03	48,8	371 ± 37	0,73 ± 0,14	59,9
	5–10	295 ± 22	0,42 ± 0,01	33,0	293 ± 22	0,44 ± 0,03	36,3
	10–20	266 ± 23	0,45 ± 0,02	36,0	238 ± 17	0,31 ± 0,04	27,4
	20–30	120 ± 5	0,17 ± 0,01	15,0	108 ± 19	0,18 ± 0,06	20,0
Залежь (ЛГ)	0–5	466 ± 34	0,85 ± 0,01	51,8	497 ± 31	1,45 ± 0,24	67,3
	5–10	326 ± 13	0,56 ± 0,03	40,5	234 ± 7	0,64 ± 0,09	40,8
	10–20	192 ± 15	0,43 ± 0,02	35,6	179 ± 6	0,42 ± 0,07	29,2
	20–30	153 ± 11	0,35 ± 0,00	28,9	112 ± 4	0,29 ± 0,02	23,5
Залежь (БР)	0–5	409 ± 40	1,24 ± 0,02	73,7	401 ± 33	1,11 ± 0,07	39,3
	5–10	309 ± 22	0,55 ± 0,02	40,9	187 ± 4	0,53 ± 0,03	25,5
	10–20	156 ± 10	0,33 ± 0,01	28,6	125 ± 12	0,38 ± 0,03	24,5
	20–30	118 ± 5	0,22 ± 0,00	21,2	82 ± 10	0,25 ± 0,02	19,6

Примечание.

ЛГ – залежь под вейнико-золотарниковым лугом с 2008 г., БР – залежь под молодым берёзовым лесом с 2004 г. \* – данные по отбору 2014 года приведены по материалам Л.А. Овсепян (2018).

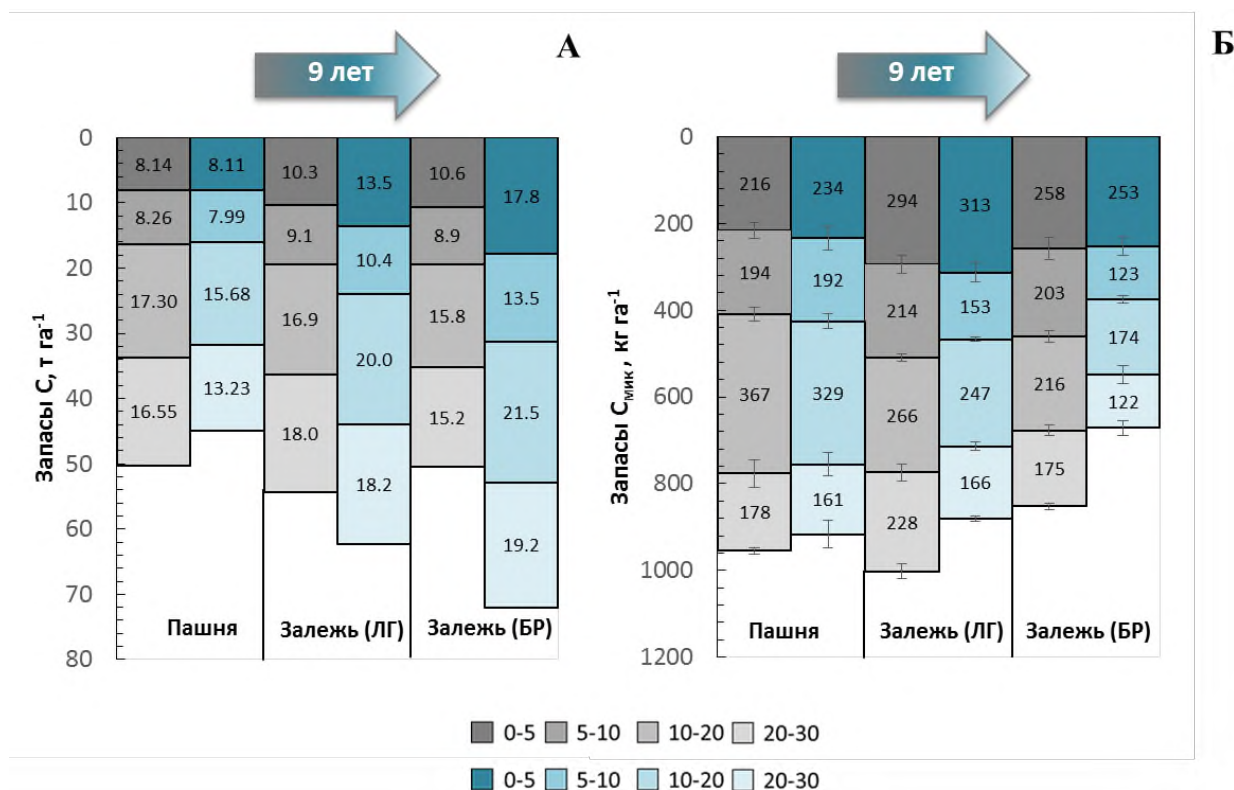
Соотношение С:N в почвах залежей за 9-летний период значительно увеличилось в верхнем слое (0–5 см) и было ожидаемо выше, чем в том же слое пахотной почвы (см. табл. 3). Такая тенденция может быть связана с изменением качества органического вещества почвы в процессе постагрогенной эволюции, поскольку в верхних слоях залежей наблюдается увеличение поступления листовного опада, наземной и корневой биомассы травяно-кустарничкового яруса в связи с отсутствием отчуждения биомассы в виде урожая (Баева и др., 2017).

С глубиной отношение С:N снижается; в слое 20–30 см оно составило 10–11,4 и 9,7–16,5, соответственно, для изученных залежей. Хотя различия по этому показателю мы наблюдаем по всему изученному профилю почв, значительная разница между залежами разных возрастов характерна только для слоя 0–5 см для обоих годов исследования. Увеличение отношения С:N в почвах залежей в широком временном диапазоне закономерно для постагрогенной сукцессии, что указывает на снижение интенсивности разложения органического вещества почв, особенно на более поздних стадиях сукцессии, соответствующих лесным сообществам. Такие же закономерности отмечались для дерново-подзолов залежного хронорядя в Костромской области (Курганова и др., 2021).

**Запасы углерода.** Суммарный запас общего углерода в слое 0–30 см почвы пашни за истекшие 9 лет после отбора проб в 2014 г. незначительно (5,3 т С га<sup>-1</sup>) снизился, главным образом, за счёт уменьшения содержания С в слое 20–30 см и неоднородности почвенного покрова. На залежах за истекший период запасы С увеличились на 7,9 и 21,6 т С га<sup>-1</sup> (рис. 2 А). При этом наиболее интенсивно почвенный углерод накапливается в верхних слоях почв (0–5 и 5–10 см), что также отмечают и другие исследователи (Баева и др., 2017; Post, Kwon, 2000; Poeplay, Don, 2013; Kalinina et al., 2014).

Таким образом, на основании пространственно-временного анализа, можно заключить, что скорость потери общего углерода почвами пашен может достигать 0,58 т С га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup>, а актуальная скорость его накопления в почвах залежей может составлять 0,87 и 2,4 т С га<sup>-1</sup> год<sup>-1</sup> для лугового разнотравья и молодого леса, соответственно. Аналогичный результат был получен В.М. Телесниной с соавторами (2019), суммарные запасы углерода в экосистеме 40-летнего леса в 7 раз превысили запасы, определенные для экосистемы пашни. Ю.И. Баева с соавторами (2017) наблюдали подобную тенденцию увеличения запасов углерода с увеличением возраста залежи.

Суммарный запас углерода микробной биомассы в динамике с учётом разброса практически не изменился для пахотной почвы, однако для почвы залежей немного снизился (рис. 2 Б). Наиболее интенсивно  $S_{\text{мик}}$  запасается в верхнем слое бывшего пахотного горизонта (0–5 см). Е.А. Сусьян с соавторами (2009) также было показано, что наибольший вклад в запасы  $S_{\text{мик}}$  обеспечивал верхний слой почвы.



**Рисунок 2.** Суммарные запасы общего углерода (А) и углерода микробной биомассы (Б) в пахотной и постагрогенных (залежь под вейнико-золотарниковым лугом – ЛГ; залежь под молодым берёзовым лесом – БР) серых почвах в 2014 г. (серый градиент цвета) и 2023 г. (голубой градиент цвета). Для запасов общего углерода 2014 и 2023 гг. (А) значение стандартной ошибки (SE) не превышало  $\pm 0,17$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различия по содержанию общего углерода (С), отношению С:N и микробным характеристикам почв в пространственно-временной динамике наиболее выражены в слое 0–5 см. Для почвенного слоя 0–30 см на залежах содержание С за 9-летний период увеличилось на 0,2–1,2%. В то же время, содержание С в слое 0–10 см пахотной почвы за 9 лет практически не изменилось, а в нижележащих почвенных слоях (10–20 и 20–30 см) оно уменьшилось на 0,1–0,2%. Соотношение С:N в почвах залежей за 9-летний период увеличилось в 1,2–1,5 раза в слое 0–5 см, что указывает на усложнение органического вещества почв с течением времени. Микробная активность в слое 0–10 см почвы убывает в следующем ряду: залежь под луговой растительностью > залежь под молодым берёзовым лесом > пашня.

Проведённый пространственно-временной анализ позволил более корректно оценить актуальную скорость изменения запасов С в почвах и показал, что суммарный запас С в слое 0-30 см пахотной почвы за 9 лет незначительно снизился, а на залежах – существенно увеличился. Таким образом, переход пахотной почвы в залежи, занятые луговой или молодой лесной растительностью, приводит к накоплению С в верхней части почвенного профиля, особенно интенсивно в слое 0–5 см. Изменение микробных характеристик почвы за 9 лет не было однонаправленным, определяясь сменой растительной сукцессии, изменением количества и качества поступающего в почву растительного материала.

## ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Ретроспективный анализ выполнен при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 122111000095-8) в рамках работы молодёжной лаборатории. Полевые исследования и анализ углерода в почвенных образцах выполнены в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учёта данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

## ЛИТЕРАТУРА

- Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Почикалов А.В., Кудеяров В.Н. Физические свойства и изменения запасов углерода серых лесных почв в ходе постагрогенной эволюции (юг Московской области) // Почвоведение. 2017. № 3. С. 345–353. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17030029>
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Казакова А.И., Семиколенных А.А., Горнов А.В., Горнова М.В., Лукина Н.В. Влияние растительности на лабильные характеристики лесных почв задровых местностей заповедника "Брянский лес" // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2018. № 3. С. 9–15.
- Копчик Г.Н., Куприянова Ю.В., Кадулин М.С. Пространственная изменчивость эмиссии диоксида углерода почвами в основных типах лесных экосистем Звенигородской биостанции МГК им. М.В. Ломоносова // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2018. № 2. С. 40–47.
- Курганова И.Н., Телеснина В.М., Лопес де Гереню В.О., Личко В.И., Караванова Е.И. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2021. № 3. С. 287–303. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030102>
- 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. Пилотный карбоновый полигон в России: анализ запасов углерода в почвах и растительности // Почвы и окружающая среда. 2022. Том 5. № 2. e169. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>
- Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мякшина Т.Н., Сапронов Д.В., Хорошаев Д.А., Аблеева В.А. Температурная чувствительность дыхания почв луговых ценозов в зоне умеренно-континентального климата: анализ данных 25-летнего мониторинга // Почвоведение. 2023. № 9. С. 1059–1076. <https://doi.org/10.31857/S0032180X23600476>
- Ларионова А.А., Квиткина А.К., Быховец С.С., Лопес де Гереню В.О., Колягин Ю.Г., Каганов В.В. Влияние азота на минерализацию и гумификацию лесных опавов в модельном эксперименте // Лесоведение. 2017. № 2. С. 128–139.
- Лукина Н.В., Орлова М.А., Бахмет О.Н., Тихонова Е.В., Тебенькова Д.Н., Казакова А.И., Крышень А.М., Горнов А.В., Смирнов В.Э., Шашков М.П., Ершов В.В., Князева С.В. Влияние растительности на характеристики лесных почв Республики Карелия // Почвоведение. 2019. № 7. С. 827–842. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19050071>
- 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: ГЭОС, 2010. 416 с.
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
- Макаров И.Б. Дифференциация пахотного горизонта дерново-подзолистых почв в условиях их окультуривания. Диссертация ... канд. биол. наук. Москва, 1981. 249 с.
- Овсепян Л.А. Фракционный состав органического вещества и микробная активность постагрогенных серых лесных почв и черноземов. Диссертация ... канд. биол. наук. Москва, 2018. 202 с.
- Росстат. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (дата обращения 06.07.2024).
- Рыжова И.М., Телеснина В.М., Ситникова А.А. Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления // Почвоведение. 2020. № 2. С. 230–243. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20020100>
- Сусьян Е.А., Ананьева Н.Д., Гавриленко Е.Г., Чернова О.В., Бобровский М.В. Углерод микробной биомассы в профиле лесных почв южной тайги // Почвоведение. 2009. № 10. С. 1233–1240.
- Тейт Р.Л. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты. Перевод с англ. О.Д. Масаловой, Д.С. Орлова. Москва: Мир, 1991. 398 с.
- 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. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17120115>
- Телеснина В.М., Жуков М.А. Влияние способа сельскохозяйственного освоения на динамику биологического круговорота и ряда почвенных свойств в ходе постагрогенной сукцессии (Костромская область) // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1114–1129. <https://doi.org/10.1134/S0032180X1907013X>

- Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biology and Biochemistry. 1978. Vol. 10. No. 3. P. 215–221. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8)
- Cramer V.A., Hobbs R.J., Standish R.J. What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly // Trends in Ecology and Evolution. 2008. Vol. 23. P. 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.005>
- Falkengren-Grerup U., D.-J. ten Brink, Brunet J. Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40–80 years of forest growth on agricultural soils // Forest Ecology and Management. 2005. Vol. 225. P. 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.027>
- Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis // Global Change Biology. 2002. Vol. 8. P. 345–360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern taiga of Russia: soil development, nutrient status, and carbon dynamics // Geoderma. 2009. Vol. 152. P. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
- Kalinina O., Chertov O., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Vormstein S., Giani L. Self restoration of postagrogenic Albeluvisols: soil development, carbon stocks and dynamics of carbon pools // Geoderma. 2013. Vol. 207–208. No. 1. P. 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.05.019>
- Kalinina O., Barmin A.N., Chertov O., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic soils of Calcisol–Solonetz complex: Soil development, carbon stock dynamics of carbon pools // Geoderma. 2014. Vol. 237–238. P. 117–128. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.013>
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia // Catena. 2015. Vol. 129. P. 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>
- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O. Assessment and prediction of changes in the reserves of organic carbon in abandoned soils of European Russia in 1990–2020 // Eurasian Soil Science. 2008. Vol. 41. No. 13. P. 1371–1377. <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
- Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia // Global Change Biology. 2014. Vol. 20. P. 938–947. <https://doi.org/10.1111/gcb.12379>
- Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Kuzyakov Y. Large-scale carbon sequestration in post-agrogenic ecosystems in Russia and Kazakhstan // Catena. 2015. Vol. 133. P. 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.06.002>
- Ovsepyan, L., Kurganova I., de Gerenyu V., Kuzyakov Y. Conversion of cropland to natural vegetation boosts microbial and enzyme activities in soil // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 743. P. 140829. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140829>
- Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., B. van Wesemael, Schumacher J., Gensior A. Temporal dynamics of soil organic carbon after land use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach // Global Change Biology. 2011. Vol. 17. P. 2415–2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>
- Poeplau C., Don A. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe // Geoderma 2013. Vol. 192. P. 189–201. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.003>
- Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential // Global Change Biology. 2000. Vol. 6. P. 317–327. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>
- Tisdall J.M., Oades J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils // Eurasian Soil Science. 1982. Vol. 33. P. 141–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>
- Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest Ecology and Management. 2002. Vol. 169. P. 137–147. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00304-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00304-3)
- Zhang B., Zhang F., Wang X., Chen D., Tian Y., Wang Y., Zheng J., Li S., Li Z., Han G., Zhao M. Secondary succession of soil, plants, and bacteria following the recovery of abandoned croplands in two semi-arid steppes // Land Degradation & Development. 2024. Vol. 35. No. 1. P. 296–307. <https://doi.org/10.1002/ldr.4916>

Поступила в редакцию 28.03.2024

Принята 11.07.2024

Опубликована 11.07.2024

### Сведения об авторах:

**Романова Анастасия Игоревна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории карбомониторинга наземных экосистем Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [gavrisheva.ast@gmail.com](mailto:gavrisheva.ast@gmail.com)

**Маханцева Виктория Александровна** – младший научный сотрудник лаборатории карбомониторинга наземных экосистем Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [victoriamakhtantceva@gmail.com](mailto:victoriamakhtantceva@gmail.com)

**Лебедева Татьяна Николаевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [tanyaniko@mail.ru](mailto:tanyaniko@mail.ru)

**Волкова Татьяна Юрьевна** – младший научный сотрудник лаборатории циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [volktanya@yandex.ru](mailto:volktanya@yandex.ru)

**Журавлева Анна Ивановна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [zhuravlevaai@rambler.ru](mailto:zhuravlevaai@rambler.ru)

**Митрохина Екатерина Сергеевна** – ведущий инженер лаборатории циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [line05@mail.ru](mailto:line05@mail.ru)

**Курганова Ирина Николаевна** – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории почвенных циклов азота и углерода Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [ikurg@mail.ru](mailto:ikurg@mail.ru)

**Ивашченко Кристина Викторовна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории карбомониторинга наземных экосистем Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН» (г. Пушкино, Россия); [ivashchenko.kv@gmail.com](mailto:ivashchenko.kv@gmail.com)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Spatio-temporal analysis of soil indicators of the carbon cycle in some postagrogenic ecosystems of the southern Moscow region

© 2024 A. I. Romanova , V. A. Makhantceva , T. Yu. Volkova , T. N. Lebedeva ,  
A. I. Zhuravleva , E. S. Mitrokhina , I. N. Kurganova , K. V. Ivashchenko 

*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Institutskaya Street, 2, Pushchino, Moscow region, Russia. E-mail: [gavrisheva.ast@gmail.com](mailto:gavrisheva.ast@gmail.com)*

**The aim of the study.** The purpose of this work was to analyze changes over time in soil and soil microbial biomass carbon content, basal respiration, as well as the availability of organic matter for microbial decomposition, in Phaeozem of postagrogenic and arable ecosystems.

**Location and time of the study.** Moscow region, Pushchino, experimental field station of the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, June 2023.

**Methods.** The study was carried out with soils under different land use: arable land, abandoned land under meadow vegetation and abandoned land under young birch forest. For each type of land use, geobotanical descriptions were done, and soil samples were taken from the upper part of soil profiles (0–30 cm in 5 cm increments) at four spatially distant points. In soil samples, the content of total carbon (C), the C:N ratio, the content of microbial biomass ( $C_{mic}$ ) and basal respiration (BR) rate were measured. Taking into account the soil density, the C and  $C_{mic}$  reserves in the 0–30 cm layer were assessed.

**Results.** The highest soil C reserves in the 0–30 cm layer after nine years were under the abandoned land with young birch forest (72 t C ha<sup>-1</sup>), whereas the lowest reserves (45 t C ha<sup>-1</sup>) were in arable soils. The actual rate of C accumulation at abandoned sites could be 0.9 and 2.4 t C ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> for the meadow forbs and young forest, respectively. Over the 9-year period the C:N ratio at abandoned sites increased by 1.2–1.5 times in the upper 5 cm layer. The C:N ratio decreased with depth. Soil BD in the 0–10 cm soil layer decreased in the following order: abandoned site with meadow herbs – abandoned site with young birch forest – arable land. There was a tendency to increased BD:C in the upper 5 cm soil layer at arable and abandoned (with meadow herbs) sites by 1.2 times over the observed period (from 49 to 60 μg C g<sup>-1</sup> C h<sup>-1</sup> and from 52 to 67 μg C g<sup>-1</sup> C h<sup>-1</sup>, respectively). For an abandoned site with a young birch forest, the opposite trend was revealed, i.e. a decrease in BD:C by 1.9 times (from 74 to 39 μg C g<sup>-1</sup> C h<sup>-1</sup>).

**Conclusions.** The conversion of arable land into the abandoned one occupied by meadow or young forest vegetation, both in the chronosequence and after nine years of spontaneous revegetation, leads to the soil C accumulation, especially in the upper part of the former arable horizon.

**Keywords:** arable land; abandoned land; carbon stocks; microbial biomass reserves, basal respiration.

**How to cite:** Romanova A.I., Makhantseva V.A., Volkova T.Yu., Lebedeva T.N., Zhuravleva A.I., Mitrokhina E.S., Kurganova I.N., Ivashchenko K.V. Spatio-temporal analysis of soil indicators of the carbon cycle in some postagrogenic ecosystems of the southern Moscow region. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e261 (in Russian with English abstract). DOI: [10.31251/pos.v7i3.261](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.261)

## FUNDING

The retrospective analysis was carried out with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 122111000095-8) as part of the work of the youth laboratory. Field research and analysis of carbon in soil samples were carried out as part of the implementation of the most important innovative project of national importance “Development of a system for ground-based and remote monitoring of carbon pools and greenhouse gas flows on the territory of the Russian Federation, ensuring the creation of a system for recording data on the flows of climate-active substances and the carbon budget in forests and other terrestrial ecological systems” (project No. 123030300031-6).

## REFERENCES

- Baeva Y.I., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Kudryarov V.N., Pochikalov A.V. Changes in physical properties and carbon stocks of gray forest soils in the southern part of Moscow region during postagrogenic evolution. *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol. 50. No. 3. P. 327–334. <https://doi.org/10.1134/S1064229317030024>
- Vadyunina A.F., Korzhagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soils. Moscow: Agropromizdat, 1986. 416 p. (in Russian).
- Kazakova A.I., Semikolennykh A.A., Gornov A.V., Gornova M.V., Lukina N.V. Influence of vegetation on the lability characteristics of sandur areas of the Bryansky Les Nature Reserve. *Moscow University Soil Science Bulletin*. 2018. Vol. 73. P. 100–106. <https://doi.org/10.3103/S0147687418030055>
- Koptsik G.N., Kupriianova Yu.V., Kadulin M.S. Spatial variability of carbon dioxide emission by soils in main types of forest ecosystems in Zvenigorod biological station of Moscow State University. *Moscow University Soil Science Bulletin*. 2018. Vol. 73. P. 81–88. <https://doi.org/10.3103/S0147687418020035>
- Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopes de Gerenyu V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. The Dynamics of Carbon Pools and Biological Activity of Retic Albic Podzols in Southern Taiga during the Postagrogenic Evolution. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 3. P. 337–351. <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>
- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ipp S.L., Kaganov V.V., Khoroshaev D.A., Rukhovich D.I., Sumin Yu.V., Durmanov N.D., Kuzyakov Ya.V. Pilot carbon polygon in Russia: analysis of carbon stocks in soils and vegetation. *The Journal of Soils and Environment*. 2022. Vol. 5. No. 3. 2. e169. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>



- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Myakshina T.N., Sapronov D.V., Khoroshaev D.A., Ableeva V.A. Temperature Sensitivity of Soil Respiration in Grasslands in Temperate Continental Climate Zone: Analysis of 25-Year-Long Monitoring Data. *Eurasian Soil Science*. 2023. Vol. 56. P. 1232–1246. <https://doi.org/10.1134/S1064229323601130>
- Larionova A.A., Kvitkina A.K., Bykhovets S.S., Lopes de Gerenyu V.O., Kolyagin Y.G., Kaganov V.V. The contribution of nitrogen to mineralization and humification of forest litter in simulation study. *Lesovedenie*. 2017. No. 2. P. 128–139. (in Russian).
- Lukina N.V., Orlova M.A., Bakhmet O.N., Tikhonova E.V., Tebenkova D.N., Kasakova A.I., Kryshen A.M., Gornov A.V., Smirnov V.E., Shashkov M.P., Ershov V.V., Knyazeva S.V. The influence of vegetation on the forest soil properties in the Republic of Karelia // *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52. No. 7. P. 793–807. <https://doi.org/10.1134/S1064229319050077>
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A. в квадрат (умер), Nefedova T.G. Dynamics of Agricultural lands of Russia in XX century and Postagrogenic Restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).
- Mayevsky P.F. Flora of the central zone of the European part of Russia. 11th ed. Moscow: Partnership of Scientific Publications KMK, 2014. 635 p. (in Russian).
- Makarov I.B. Differentiation of the arable horizon of soddy-podzolic soils under cultivation conditions. Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Moscow, 1981. 249 p. (in Russian).
- Ovsepyan L.A. Fractional composition of organic matter and microbial activity of postagrogenic gray forest soils and chernozems. Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Moscow, 2018. 202 p. (in Russian).
- Rosstat. Agriculture, hunting and forestry. [Electronic resource]. URL: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (accessed on 06.04.2024). (in Russian).
- Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamics of soil properties and carbon stocks structure in postagrogenic ecosystems of southern taiga during natural reforestation. *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. No. 2. P. 240–252. <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>
- Susyan E.A., Ananyeva N.D., Gavrilenko E.G., Bobrovskii M.V., Chernova O.V. Microbial biomass carbon in the profiles of forest soils of the southern taiga zone. *Eurasian Soil Science*. 2009. Vol. 42. No. 10. P. 1148–1155. <https://doi.org/10.1134/S1064229309100093>
- Teit R.L. Soil organic matter: biological and ecological effects. New York, Chichester: John Wiley & Sons, 1987. 291 p.
- Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Ermolaev A.M., Mirin D.M. Dynamics of soil properties and plant composition during postagrogenic evolution in different bioclimatic zones. *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol. 50. No. 12. P. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
- Telesnina V.M., Zhukov M.A. The influence of agricultural land use on the dynamics of biological cycling and soil properties in the course of postagrogenic succession (Kostroma oblast) // *Eurasian Soil Science*. 2019. Vol. 52. No. 9. P. 1122–1136. DOI: 10.1134/S1064229319070135
- Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 1978. Vol. 10. No. 3. P. 215–221. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8)
- Cramer V.A., Hobbs R.J., Standish R.J. What's new about old fields? Land abandonment and ecosystem assembly. *Trends in Ecology and Evolution*. 2008. Vol. 23. P. 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.005>
- Falkengren-Grerup U., D.-J. ten Brink, Brunet J. Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40–80 years of forest growth on agricultural soils. *Forest Ecology and Management*. 2005. Vol. 225. P. 74–81. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.12.027>
- Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*. 2002. Vol. 8. P. 345–360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Najdenko L., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern taiga of Russia: soil development, nutrient status, and carbon dynamics. *Geoderma*. 2009. Vol. 152. P. 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.05.014>
- Kalinina O., Barmin A.N., Chertov O., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Self-restoration of post-agrogenic soils of Calcisol–Solonetz complex: Soil development, carbon stock dynamics of carbon pools. *Geoderma*. 2014. Vol. 237–238. P. 117–128. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.013>
- Kalinina O., Chertov O., Dolgikh A.V., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Vormstein S., Giani L. Self restoration of postagrogenic Albeluvisols: soil development, carbon stocks and dynamics of carbon pools. *Geoderma*. 2013. Vol. 207–208. No. 1. P. 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.05.019>

- Kalinina O., Goryachkin S.V., Lyuri D.I., Giani L. Post-agrogenic development of vegetation, soils, and carbon stocks under self-restoration in different climatic zones of European Russia. *Catena*. 2015. Vol. 129. P. 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>
- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O. Assessment and prediction of changes in the reserves of organic carbon in abandoned soils of European Russia in 1990–2020. *Eurasian Soil Science*. 2008. Vol. 41. No. 13. P. 1371–1377. <https://doi.org/10.1134/S1064229308130048>
- Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Six J., Kuzyakov Y. Carbon cost of collective farming collapse in Russia. *Global Change Biology*. 2014. Vol. 20. P. 938–947. <https://doi.org/10.1111/gcb.12379>
- Kurganova I., Lopes de Gerenyu V., Kuzyakov Y. Large-scale carbon sequestration in post-agrogenic ecosystems in Russia and Kazakhstan. *Catena*. 2015. Vol. 133. P. 461–466. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.06.002>
- Ovsepyan, L., Kurganova I., de Gerenyu V., Kuzyakov Y. Conversion of cropland to natural vegetation boosts microbial and enzyme activities in soil. *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 743. P. 140829. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140829>
- Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., B. van Wesemael, Schumacher J., Gensior A. Temporal dynamics of soil organic carbon after land use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology*. 2011. Vol. 17. P. 2415–2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>
- Poeplau C., Don A. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma* 2013. Vol. 192. P. 189–201. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.08.003>
- Post W.M., Kwon K.C. Soil carbon sequestration and land use change: processes and potential. *Global Change Biology*. 2000. Vol. 6. P. 317–327. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>
- Tisdall J.M., Oades J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Eurasian Soil Science*. 1982. Vol. 33. P. 141–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>
- Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management*. 2002. Vol. 169. P. 137–147. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00304-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00304-3)
- Zhang B., Zhang F., Wang X., Chen D., Tian Y., Wang Y., Zheng J., Li S., Li Z., Han G., Zhao M. Secondary succession of soil, plants, and bacteria following the recovery of abandoned croplands in two semi-arid steppes // *Land Degradation & Development*. 2024. Vol. 35. No. 1. P. 296–307. <https://doi.org/10.1002/ldr.4916>

*Received 28 March 2024*

*Accepted 11 July 2024*

*Published 11 July 2024*

#### **About the authors:**

**Anastasia I. Romanova** – Candidate of Biological Sciences, Researcher in the Laboratory of Carbomonitoring of Terrestrial Ecosystems in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [gavrisheva.ast@gmail.com](mailto:gavrisheva.ast@gmail.com)

**Victoria A. Makhantceva** – Junior Researcher in the Laboratory of Carbomonitoring of Terrestrial Ecosystems in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [victoriamakhantceva@gmail.com](mailto:victoriamakhantceva@gmail.com)

**Lebedeva Tatyana N.** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Soil Cycles of Nitrogen and Carbon in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [tanyaniko@mail.ru](mailto:tanyaniko@mail.ru)

**Tatyana Yu. Volkova** – Junior Researcher in the Laboratory of Soil Cycles of Nitrogen and Carbon in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [volktanya@yandex.ru](mailto:volktanya@yandex.ru)

**Anna I. Zhuravleva** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Soil Cycles of Nitrogen and Carbon in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [zhuravlevaai@rambler.ru](mailto:zhuravlevaai@rambler.ru)

**Ekaterina S. Mitrokhina** – Leading Engineer in the Laboratory of Soil Cycles of Nitrogen and Carbon in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [line05@mail.ru](mailto:line05@mail.ru)

**Irina N. Kurganova** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Principal Researcher in the Laboratory of Soil Cycles of Nitrogen and Carbon in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [ikurg@mail.ru](mailto:ikurg@mail.ru)

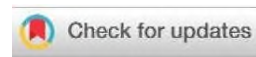
**Kristina V. Ivashchenko** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Carbon Monitoring of Terrestrial Ecosystems in the Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences (Pushchino, Russia); [ivashchenko.kv@gmail.com](mailto:ivashchenko.kv@gmail.com)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.262>

## Анализ динамики площадей залежных угодий в Калининградской области

© 2024 О. А. Анциферова

ФГОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», Советский проспект, 1,  
г. Калининград, 236022, Россия. E-mail: [anciferova@inbox.ru](mailto:anciferova@inbox.ru)

**Цель исследования.** Установление причин и закономерностей варьирования площадей неиспользуемых сельскохозяйственных угодий.

**Место и время проведения.** Исследования проведены для территории Калининградской области и охватывают период 1990–2023 гг.

**Методы.** Используются методы анализа архивных материалов и хронорядов (залежей, неиспользуемой пашни, посевных площадей), корреляционный анализ рядов данных.

**Основные результаты.** Возникновение и распространение залежных угодий в Калининградской области происходило на фоне последовательной смены трех микропериодов с различной спецификой землепользования. Наибольшие площади залежей характерны для 2010 г., когда их доля достигала 49% от общей площади сельскохозяйственных угодий. Реализация областных программ, направленных на повторное вовлечение в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, привела к снижению площади залежей. Установлено, что динамика залежных угодий на 86% связана с варьированием посевных площадей, что объясняет современную растениеводческую специализацию сельского хозяйства области.

**Заключение.** В Калининградской области наблюдается отрицательная динамика площадей залежных угодий с 2011 г. Замедление темпов этого процесса связано как с объективными причинами, так и с правовыми аспектами землепользования.

**Ключевые слова:** залежные угодья; неиспользуемая пашня; посевные площади.

**Цитирование:** Анциферова О.А. Анализ динамики площадей залежных угодий в Калининградской области // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. с262. DOI: [10.31251/pos.v7i3.262](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.262)

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема распространения залежных угодий в связи с коренным изменением правовых и экономических основ ведения сельского хозяйства возникла в России после 1991 г. В первое десятилетие XXI в. феномен залежей (неиспользуемых сельскохозяйственных угодий) стал массовым и началось активное обсуждение этого вопроса на научных конференциях и на уровне правительства (Агроэкологическое состояние ..., 2008; Люри и др., 2010). Осознание того, что земельные ресурсы в сельском хозяйстве требуют надзора и управления привело к принятию ряда законов, приказов и постановлений, направленных на выявление, учет и повторное вовлечение залежей в сельскохозяйственный оборот (Постановление Правительства ..., 2021).

В Калининградской области автором в 1999 г. впервые была поднята проблема увеличения площадей залежных земель (Анциферова, 1999), проведены подробные исследования направления и глубины изменения растительного покрова и свойств почв (Анциферова, 2005, 2008). Позднее в публикациях других исследователей, в ходе обобщения статистических сводок, также затрагивался вопрос неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в свете состояния и перспектив развития сельского хозяйства, динамики земель сельскохозяйственного назначения (Корнеевец, Федоров, 2004; Гаева, Барина, 2013; Романова, Виноградова, 2015; Джабраилова, 2021). Изменения, происходящие на современном этапе развития сельского хозяйства Калининградской области, и начало государственного почвенного и агрохимического обследования неиспользуемых сельскохозяйственных угодий побудило автора вновь проанализировать более чем 30-летнюю историю залежных земель самой западной эксклавной области России.

В задачи исследования входило:

- 1) показать изменение специфики сельского хозяйства с конца XX в. до 2023 г. как результат социально-экономической трансформации, частью которой является феномен залежных земель;
- 2) установить временную периодизацию в связи с изменением сельскохозяйственного землепользования в 1990–2023 гг.;
- 3) проанализировать хронологию и причинно-следственные связи варьирования площадей залежных угодий;
- 4) выявить закономерности при совместном анализе динамики залежей и посевных площадей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись залежные угодья Калининградской области. Предмет анализа – причины пространственно-временных изменений в период 1990–2023 гг.

Калининградская область расположена у юго-восточного побережья Балтийского моря между 19038' и 22052' в.д., 55019' и 54019' с.ш. На севере и востоке регион граничит с Литвой, на юге – с Польшей, с запада омывается Балтийским морем (Географический атлас ..., 2002).

Основными методами исследования являлись:

- а) анализ архивных и статистических материалов;
- б) интерпретация хронорядов (залежей, неиспользуемой пашни, посевных площадей);
- в) корреляционный анализ рядов данных (в программе Excel).

Для оценки состояния сельского хозяйства области в советский период использованы научные сборники, монографии, справочники (Научные основы ..., 1982; Агропромышленный комплекс ..., 1987; История ..., 2006; Панасин, 2007; Панасин и др., 2020).

Количественная оценка залежных земель по Калининградской области проводилась на основе материалов Комитета по земельным ресурсам и землеустройству (Доклад о состоянии ..., 2000, 2001, 2007), Комитета природных ресурсов (Состояние окружающей ..., 1998, 2001), статистических отчетов, докладов, областных постановлений, законов, целевых программ, (Постановление администрации ..., 2000; Сельское хозяйство ..., 2004; Площади ..., 2005; Постановление Правительства ..., 2011, 2012; Об итогах ..., 2013).

Проблема залежей помимо научных и прикладных вопросов землепользования затрагивает многие социальные и экономические стороны сельского хозяйства, что вызывает регулярное обсуждение на муниципальном и областном уровнях. В этой связи при анализе использованы официальные интервью губернаторов и министров сельского хозяйства, размещенные на сайтах информационных агентств (В Калининградской области ..., 2002; Зброшенным землям ..., 2005; Потерянные земли, 2006; Новости региона ..., 2007; Через три года ..., 2011; Поле непаханое ..., 2014; В Калининградской области ..., 2017, 2021, 2023; Правительство региона ..., 2018; В регионе вводятся ..., 2019; Треть сельхозугодий ..., 2021; Алиханов раскрыл ..., 2022).

Термин «залежь» не употребляется в областных отчетах, а в докладах об использовании земель (2005–2007 гг.) стоит 0% (Доклад о состоянии ..., 2000, 2007). По данным Росреестра на 01.01.2020 залежи в Калининградской области отсутствуют (Площадь ..., 2020).

С 2006 г. официальные источники областного Минсельхоза оперируют понятием «неиспользуемые (по целевому назначению) сельскохозяйственные угодья» (Потерянные земли, 2006; Постановление Правительства ..., 2011). В такой трактовке подразумевается как пашня, так и кормовые угодья (сенокосы и пастбища). В последние годы упор делается на термин «неиспользованная пашня». В данной статье термины «залежь, залежные угодья» будут употребляться в качестве синонима «неиспользуемые сельскохозяйственные угодья».

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Изменение специфики сельского хозяйства.** В советский период (1946–1990 гг.) сложился агропромышленный комплекс Калининградской области, специализирующийся, в основном, на животноводстве и производстве кормов для него. В 80-е годы XX в. площадь сельскохозяйственных угодий составляла «799 тыс. га, из них пашни 398 тыс. га, сенокосов 122, пастбищ 279 тыс. га» (Научные основы ..., 1982, с. 21). При этом отмечалось, что к 1987 г. «возможности для вовлечения в сельскохозяйственный оборот новых земель по существу исчерпаны, поэтому экономика отрасли может развиваться только на интенсивной основе» (Агропромышленный комплекс..., 1987, с. 21). В 1990 г. посевные площади в Калининградской области достигли исторического максимума (416 тыс. га), неиспользуемые сельскохозяйственные угодья отсутствовали (Площади ..., 2005; История ..., 2006). Проводилось регулярное мелиоративное и агрохимическое обслуживание земель сельскохозяйственного назначения (Панасин ..., 2007; Панасин и др., 2020).

Адаптация сельского хозяйства в условиях экономического кризиса в постсоветский период шла по пути глубокой перестройки, связанной с изменением правовых основ использования земель сельскохозяйственного назначения. После распада СССР начались коренные преобразования в системе землепользования; единый государственный фонд земель сельскохозяйственного назначения разделился на три ветви разных форм собственности: 1) государственной и муниципальной; 2) юридических лиц; 3) граждан. Именно в условиях нестабильности землепользования произошел

фактический переход большей доли сельскохозяйственных угодий в залежь. При этом растениеводство стало ведущей отраслью сельскохозяйственного производства (табл.).

Таблица

Сравнительная характеристика особенностей сельского хозяйства Калининградской области и их изменение в кризисный период

Основные аспекты	
к 1990 г.	1991–2010 гг.
<b>Правовой аспект землепользования</b>	
Земли сельскохозяйственного назначения в государственной собственности.	Дробление на государственную, муниципальную и частную собственность.
<b>Специализация сельского хозяйства</b>	
Животноводческая мясо-молочная специализация с дополнительной отраслью растениеводства. Из 73 колхозов и 108 совхозов на 1990 г. только пять имели полностью овощеводческую направленность. В большинстве хозяйств преобладали длительно-ротационные полевые севообороты, включающие звено многолетних трав (бобово-злаковых), а также прифермские севообороты, насыщенные кормовыми культурами. Большая часть посевов зерновых культур имела фуражное значение.	Быстрое сокращение поголовья скота. Растениеводческая специализация с доминированием экономически выгодных культур на экспорт (озимая пшеница, озимый рапс). Доля растениеводства в валовой продукции сельского хозяйства в 2004 г. составляла 55% против 30% в 1990 г. Севообороты заменились простым чередованием культур. Быстрый рост площади неиспользуемой пашни и кормовых угодий.
<b>Мелиоративное состояние почв</b>	
Широкое распространение осушительной мелиорации в связи с почвенно-климатическими условиями области. К 80-м годам XX в. в области осушалось более 800 тыс. га земель, в том числе открытой осушительной сетью 245 тыс. га, из них с механическим водоподъемом – 100 тыс. га, и закрытой сетью более 560 тыс. га. Для осушения полей работали 117 насосных станций. На 1,2 тыс. га практиковалось орошение за счет ввода в строй осушительно-увлажнительных систем в хозяйствах овощной специализации.	Прекращение эксплуатационного обслуживания мелиоративных систем вследствие отсутствия финансирования. Отключение насосных станций на польдерах. Ухудшение водно-воздушного режима почв, рост площадей с неудовлетворительным мелиоративным состоянием. Массовое переувлажнение и вывод из сельскохозяйственного использования полейдерных земель (около 100 тыс. га).
<b>Агрохимическое состояние почв</b>	
Хорошая окультуренность почв сельскохозяйственных угодий вследствие систематического проведения известкования кислых почв, фосфоритования, комплексного агрохимического окультуривания почв (КАХОП) на осушенных землях. Практически все пастбищные и сенокосные угодья отличались сеяным травостоем, а их почвы подвергались окультуриванию. Антропогенно-созданное плодородие почв поддерживалось государственным финансированием.	Ухудшение агрохимического обслуживания сельскохозяйственных угодий (резкое сокращение известкования и полное прекращение фосфоритования почв). В связи с ликвидацией поголовья скота до минимума сократилось внесение органических удобрений, из минеральных вносились преимущественно азотные удобрения. Отрицательный баланс гумуса в пахотных почвах, увеличение площадей кислых почв.

Ситуация начала меняться с 2011 г. в связи с рядом мер по управлению сельским хозяйством, принятых на областном уровне: целевые программы по вовлечению в сельскохозяйственный оборот земель, о плодородии и мелиорации земель (Постановление Правительства ..., 2011, 2012). В результате удалось улучшить состояние сельского хозяйства области, сократить площади неиспользуемых земель; началось развитие животноводства, растениеводства и кормопроизводства с применением обновленных технологий.

**Периодизация сельскохозяйственного землепользования в 1990–2023 гг.** В постсоветской истории землепользования выделяется три микропериода, на фоне которых получил широкое распространение феномен залежей:

- 1) дробление земель сельскохозяйственных предприятий (колхозов и совхозов) на паи, земельные доли и хаотичное их перераспределение (1991–2000 гг.);
- 2) скупка земельных долей у населения и формирование крупных землевладельцев, земли которых лишь частично использовались по назначению, а по большей части представляли залежь (2000–2011 гг.);

3) появление агрохолдингов, предприятий и обществ с интенсивными технологиями растениеводства и животноводства, вовлечение залежей в сельскохозяйственный оборот на фоне введения областного контроля за использованием земель (с 2011 г. по настоящее время).

Все три периода сопровождались возникновением и банкротством частных сельскохозяйственных предприятий, частичным переводом земель сельскохозяйственного назначения в иные категории (в земли населенных пунктов, а также промышленности, транспорта, связи, обороны).

**Хронология и особенности изменения площадей залежных земель.** Рассмотрим цифры официальных источников с точки зрения объективности и полноты информации о площадях залежных земель. В 1991 г. создается фонд перераспределения, который формируется из неиспользованных земель в результате бесплатной их передачи от реорганизованных сельскохозяйственных предприятий в процессе земельной реформы. Сюда же вошли земли ликвидированных сельскохозяйственных предприятий и невостребованные земельные доли (в соответствии с ранее действовавшим постановлением Правительства Российской Федерации от 01.02.1995 № 96 «О порядке осуществления прав собственников земельных долей и имущественных паев») (Доклад о состоянии ..., 2000). Земли фонда перераспределения включаются в общую площадь земель запаса. Поэтому в официальных источниках динамика площадей земель запаса и фонда перераспределения с 1992 по 2000 гг. отражает движение части неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в разные виды собственности. Максимальные цифры фонда перераспределения отмечались в 1999 г. (139 тыс. га) (Доклад о состоянии ..., 2000, 2001), в последующем они снизились и вплоть до 2006 г. составляли 43–45 тыс. га (Доклад о состоянии ..., 2007), что не может отражать объективную картину залежных площадей.

В 90-е годы XX в. и первое десятилетие XXI в. отсутствует административный контроль за использованием сельскохозяйственных земель по назначению. Однако в прессе проблема скупки земельных долей и увеличения площади неиспользуемых сельскохозяйственных угодий поднималась неоднократно (В Калининградской области ..., 2002; Зброшенным землям ..., 2005; Потерянные земли, 2006; Новости региона ..., 2007). Площадь залежных земель в различных источниках за 2005–2006 гг. варьирует от «более 170 тыс. га» (Зброшенным землям..., 2005) до 264 тыс. га (по данным суммарных подсчетов) (Потерянные земли, 2006).

В научных публикациях, обобщающих данные статистики, также приводятся различные цифры по площадям залежей. В частности, указывается, что кризис в сельском хозяйстве привел к тому, что к 2003 г. площадь пашни сократилась на 124 тыс. га, а кормовых угодий на 171 тыс. га, что в сумме составляет 295 тыс. га (Корнеевец, Федоров, 2004). Отмечается, что площадь залежей составляла 35% от всех земель сельскохозяйственного назначения (Гаева, Баринава, 2013).

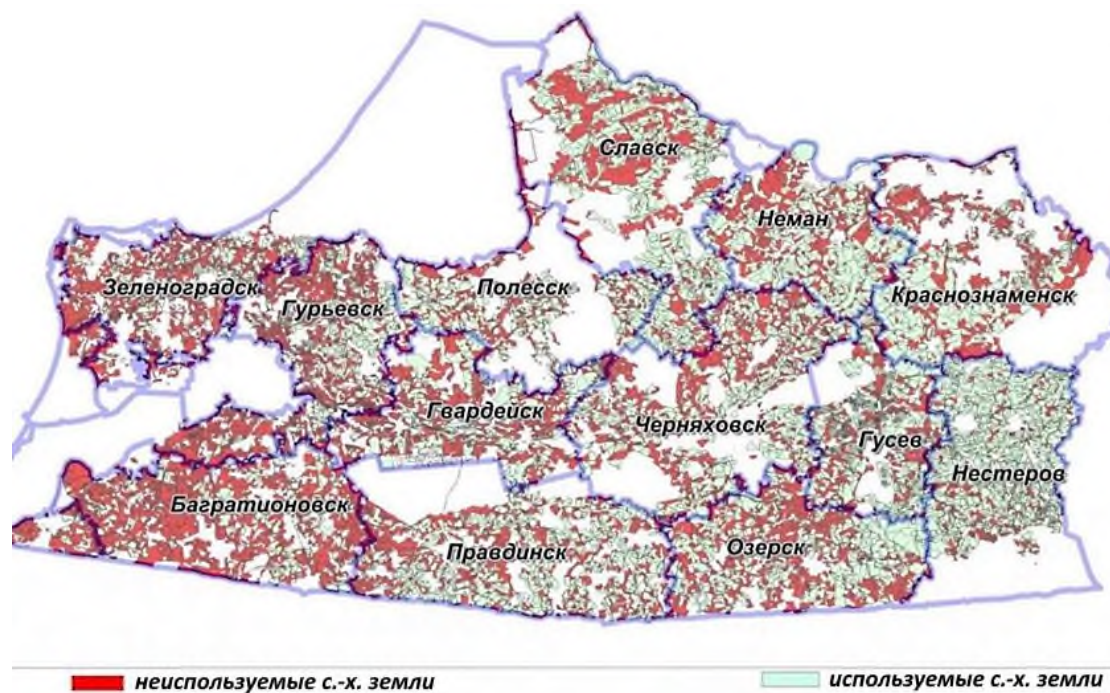
В докладе «О состоянии и использовании земель в Калининградской области в 2006 г.» площадь «неиспользуемых угодий составляет 320,2 тыс. га» при общей площади земель сельскохозяйственного назначения 821,4 тыс. га (Доклад о состоянии ..., 2007, с. 40). Эти цифры следует считать наиболее достоверным источником информации, в котором приводится распределение неиспользуемых земель по районам области. Однако в последующие три года площадь залежей продолжала увеличиваться; самыми критичными стали 2009–2010 гг. В то же время, в 2010 г. инициировался процесс распашки залежей, площадь которых в данном году составляла 368 тыс. га (Через три года ..., 2011).

Сведения о неиспользуемых сельскохозяйственных угодьях содержат картографические материалы областного территориального планирования первого десятилетия XXI в. В частности, на схеме 2007 г. отражается перевод части неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в иные формы использования (промышленности и населенных пунктов) (Схема территориального ..., 2007).

В связи с тем, что на государственном уровне было обращено внимание на широкий размах проблемы, в Калининградской области в 2010 г. начинает формироваться система управления неиспользуемыми по назначению сельскохозяйственными землями. С целью решить задачу залежей была разработана и принята программа «Вовлечение в сельскохозяйственное производство неиспользуемых по целевому назначению земель сельскохозяйственного назначения Калининградской области на период 2011–2016 годов» (Постановление Правительства ..., 2011). В тексте этой программы констатируется факт, что за 2010 г. количество использованных сельскохозяйственных угодий составило «чуть более половины от общей площади» (п. 16). Программа ставила основной целью постепенное увеличение доли используемых земель

сельскохозяйственного назначения до 75% к 2017 г., что должно привести к сокращению площади неиспользуемых угодий с 332 тыс. га в 2011 г. до 179 тыс. га в 2016 г. Для реализации плана предусматривалось ежегодное финансирование, формирование крупных массивов земель, льготы и субсидии арендаторам, привлечение инвесторов на фоне «активизации земельного контроля» (п. 31). Областная программа явилась основой разработки муниципальных целевых программ аналогичного содержания.

Министерством сельского хозяйства области в 2014 г. составляется карта «Использование земель сельскохозяйственного назначения на территории Калининградской области», на которой отражены площади используемых и неиспользуемых сельскохозяйственных земель (рис. 1).



**Рисунок 1.** Карта неиспользуемых сельскохозяйственных земель Калининградской области на 2014 г. (данные областного Министерства сельского хозяйства).

Обращает внимание пространственная неравномерность распространения залежей. Так, в Нестеровском районе использование сельскохозяйственных земель приближается к 100%, а максимальные площади залежей были сосредоточены в Багратионовском, Озерском, Гвардейском, Зеленоградском районах, где использовалось только 20–40% сельскохозяйственных угодий. Из объективных причин такого положения можно упомянуть неблагоприятные почвенные условия: высокая кислотность в Зеленоградском и Багратионовском районах, тяжелый гранулометрический состав и неудовлетворительное мелиоративное состояние, большие площади пойменных затопляемых в половодье земель. Причиной резкого ухудшения свойств и режимов почв стали прекращение известкования, внесения органических удобрений, эксплуатационного обслуживания осушительных систем и разрушение насосных станций на польдерных участках. Покрытие залежей древесной и кустарниковой порослью в комплексе с неблагоприятными свойствами почв требовало больших затрат на культуртехнические работы. На эти факты обращали внимание специалисты из муниципальных управлений сельского хозяйства (Поле непаханое ..., 2014).

Введение программы стимулировало постоянный контроль и бурное обсуждение проблемы залежей в прессе и в региональном министерстве сельского хозяйства. Темпы ввода залежных земель в оборот в первые годы оказались очень высокими. Из доклада губернатора Н.Н. Цуканова следует, что уже «за период 2010–2013 гг. было введено более 93,0 тыс. га сельхозугодий (78,0 тыс. га – распаханно и засеяно, на 12,0 тыс. га созданы культурные пастбища, на 3,0 тыс. га возобновлено сенокосение)» (Об итогах развития ..., 2013, с. 7). В результате использование сельскохозяйственных угодий возросло до 63% по сравнению с 51% в 2010 г.

В 2017 г. министр сельского хозяйства области Н.Е. Шевцова доложила о введении в оборот около 150 тыс. га залежей в 2011–2016 гг., но признала, что при этом их площадь всё ещё остается



значительной: 240 тыс. га, что составляет 33,3% от общей площади сельскохозяйственных угодий (В Калининградской области ..., 2017). Таким образом, полностью достичь планов «Программы 2011–2016 гг.» не удалось: разница фактических и планируемых площадей залежей составила 61 тыс. га (240 против 179). За период действия программы доля используемых сельскохозяйственных угодий возросла до 66,7% при запланированных 75%.

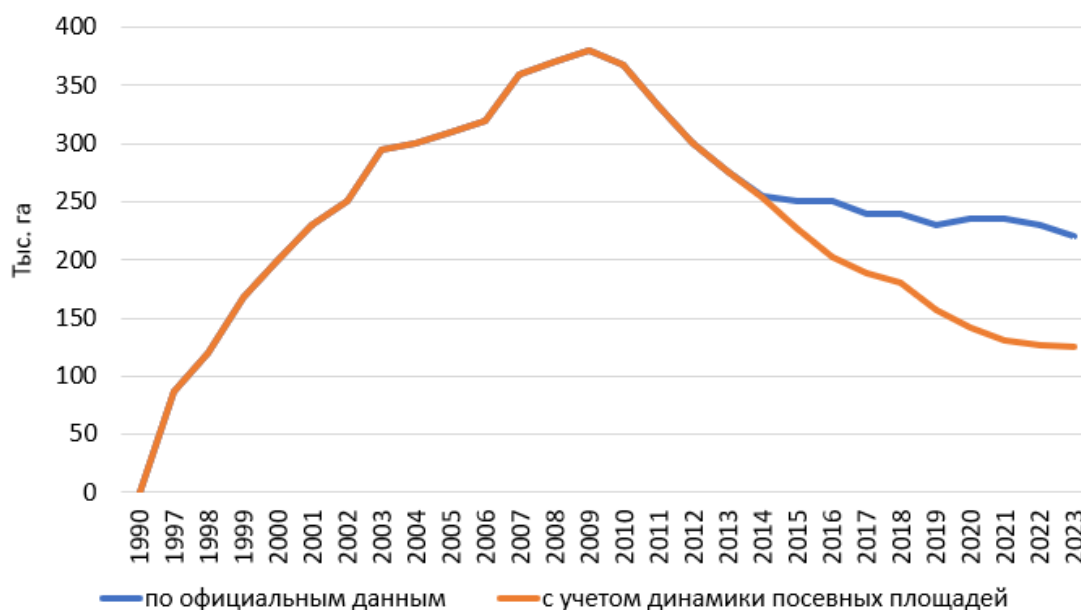
Однако, несмотря на различные недостатки, увеличение доли активно используемых сельскохозяйственных угодий вывело область в лидеры растениеводства по Северо-Западному округу, способствовало подъему животноводства и развитию его кормовой базы (Постановление Правительства ..., 2012а). Правительство обратило внимание на состояние мелиоративной сети, началось финансирование ремонтных работ из областного бюджета (Постановление Правительства..., 2012, 2014). Эти мероприятия позволили значительно увеличить продуктивность пашни и кормовых угодий (Сельское хозяйство ..., 2023).

Весомый вклад в повторное введение земель в сельскохозяйственный оборот внесли крупные инвесторы, такие как агропромышленные холдинги «Мираторг» и «Долгов Групп». Широкомасштабный проект мясного скотоводства реализовала на территории области «Калининградская мясная компания» (входит в АПХ «Мираторг»). В 2012 г. в область были завезены 12,3 тыс. голов скота мясных пород, в основном Абердин Ангус для создания маточного ядра. В последующие годы шло наращивание поголовья скота, которое достигло к 2018 г. 65 тыс. животных. Для обеспечения кормами на вновь вовлекаемых в сельскохозяйственный оборот землях введена прогрессивная сенокосно-пастбищная система (Анциферова и др., 2019). За 9 лет (2012–2020 гг.) только «Калининградской мясной компанией» было освоено 47 300 га залежей в Черняховском, Озерском, Гусевском, Правдинском, Неманском районах. Залежные угодья на осушенных оглеенных дерново-подзолистых почвах, в основном тяжелого гранулометрического состава, были превращены в высокопродуктивные сенокосы и пастбища с сеяным травостоем (Меркучев, 2020).

С 2019 г. темпы ввода в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель снизились (Треть ..., 2021; В Калининградской области ..., 2023). Основная причина – уменьшение площади свободных земель, пригодных к использованию. Наряду с вовлечением имеет место частичный возврат земель из аренды. Помимо этого, часть земель, находящихся в собственности, не используются по назначению. Эти обстоятельства являются причиной варьирования цифр залежных площадей в официальных интервью по итогам даже одного 2021 г.: от 220 до 264 тыс. га (Алиханов раскрыл, ..., 2021; Треть ..., 2021; В Калининградской области..., 2021). По данным министерства сельского хозяйства области от 220 до 240 тыс. га сельскохозяйственных угодий в 2023 г. не использовалось по назначению. Основные причины – наличие невыделенных и неиспользуемых земельных долей, малая эффективность санкций для собственников, чьи земли фактически являются залежами.

В настоящее время правительство области продолжает совершенствовать законодательную базу по контролю за использованием земель сельскохозяйственного назначения. Министерством сельского хозяйства созданы цифровые карты земельных участков, свободных от прав третьих лиц, находящихся в государственной неразграниченной и муниципальной собственности, в собственности Калининградской области, а также карта сельскохозяйственных угодий (пашни, сенокосов, пастбищ, многолетних насаждений) (Документы. Земли ..., 2023). Многие невостребованные земельные участки сосредоточены в приграничных зонах или на польдерных землях в дельте Немана и пойме Преголи. Такие обстоятельства создают трудности как с логистикой, так и с материальными затратами на повторное вовлечение в сельскохозяйственный оборот. Для эффективного управления неиспользуемыми землями требуется, в том числе, объективная научная оценка пригодности их освоения под разные виды угодий.

По итогам обобщения различных информационных источников о площадях залежных земель, нами был построен график вероятной динамики этой категории угодий (рис. 2). Первая часть рисунка отражает быстрый рост количества залежей до 2010 г., вторая часть связана с уменьшением доли залежных угодий. Причем темпы этого процесса хорошо согласуются с данными за 2011–2014 гг. по нескольким источникам. В последующие годы обнаруживаются значительные различия. Информация от официальных лиц свидетельствуют о стагнации процесса, при этом с 2017 г. по настоящее время сообщается о трети неиспользуемых по целевому назначению сельскохозяйственных угодьях. В то же время, за последние пять лет увеличивается посевная площадь; логично предположить, что это происходит вследствие распашки залежей.



**Рисунок 2.** График варьирования площадей залежных угодий Калининградской области в период 1990–2023 гг.

**Анализ динамики посевных площадей.** Судить о количестве неиспользованной пашни в составе залежей можно по косвенному показателю – изменению площади посевных площадей (Площади ..., 2005; Посевные площади ..., 2017; 2023). На основании 33-летнего хронорядя (1990–2023 гг.) составлен график динамики посевных площадей (рис. 3). Он отражает две противоположные стороны: снижение посевных площадей с 1990 по 2011 гг. и рост с 2012 г. по настоящее время. В 2023 гг. посевная площадь увеличилась на 160,4 тыс. га по отношению к самому кризисному 2011 г.



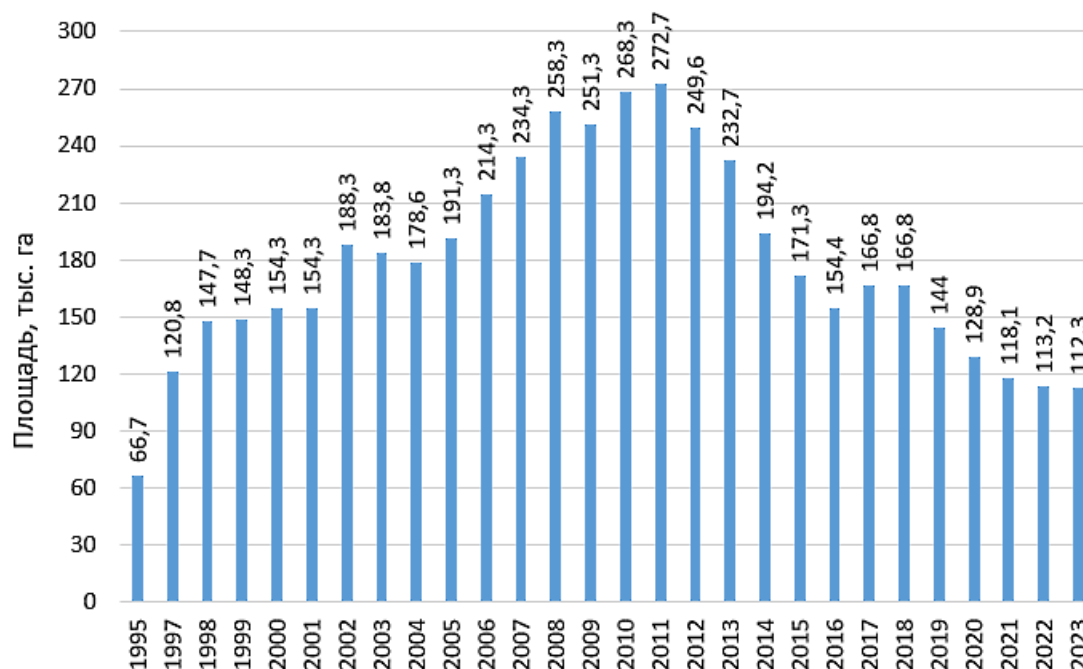
**Рисунок 3.** График варьирования посевных площадей Калининградской области в период 1990–2023 гг.

Данные о посевных площадях являются более точными, чем цифры общей площади неиспользованных сельскохозяйственных угодий, которые встречаются в официальных источниках. Поэтому можно заключить, что с 2011 г. было точно распахано 160,4 тыс. га залежей. К этой цифре необходимо прибавить минимум 60 тыс. га вновь созданных кормовых угодий. Разница между цифрой 332 тыс. га неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, зафиксированной в тексте программы 2011 г. (Постановление Правительства ..., 2011), и суммарной цифрой вовлеченных в оборот пахотных и кормовых угодий, многолетних насаждений к 2023 г. (около 220 тыс. га) и будет

являться примерной фактической площадью залежных земель (112 тыс. га, включая пашню, сенокосы и пастбища). Даже с учетом постоянных колебаний, связанных с «вовлечением – изъятием», площадь залежей не более 125 тыс. га (см. рис. 2).

При совместном анализе площадей залежей и засеянной пашни в период 1990–2023 гг. коэффициент корреляции составил  $-0,93$ ; коэффициент детерминации, соответственно,  $0,86$ . Это подтверждает тесную обратную связь этих показателей.

С другой стороны, на основании имеющихся данных о динамике посевных площадей можно составить представление о потенциальных резервах неиспользуемой пашни для изученного временного отрезка, принимая за точку отсчета максимальную посевную площадь на 1990 г. (рис. 4).



**Рисунок 4.** Потенциальные резервы пахотных угодий по отношению к 1990 г.

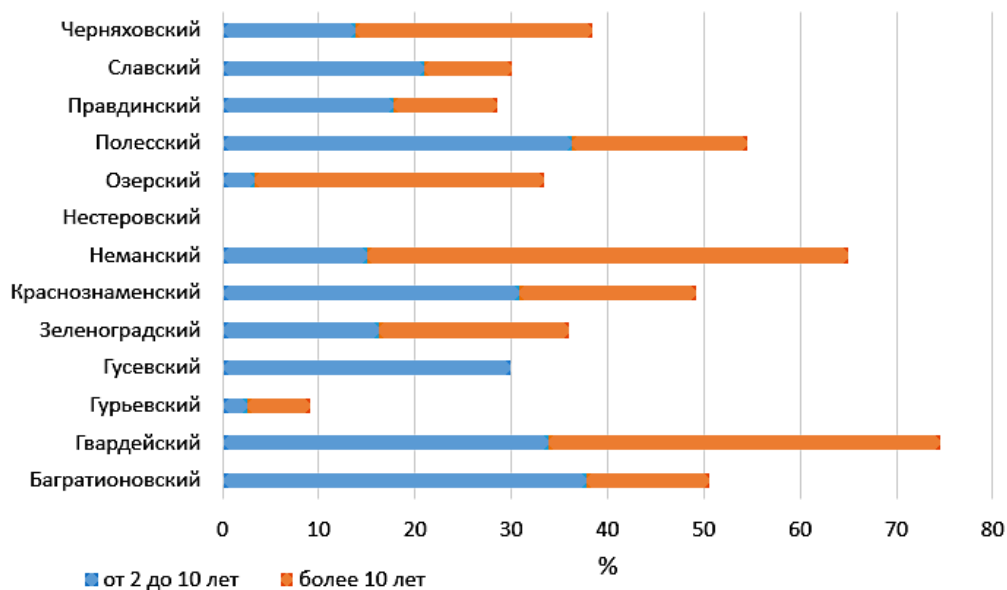
Однако такой метод (имеющий место в ряде структур) некорректен и неточен по ряду серьезных обстоятельств:

1) неучтённые площади пашни, выведенной в залежный период из категории земель сельскохозяйственного назначения под промышленное, гражданское строительство, в связи с расширением границ поселений и т.п.;

2) пахотные угодья, почвы которых в залежный период сильно деградировали, что делает невозможным их распашку без коренного улучшения: а) массивы польдерных земель, подвергшиеся затоплению; б) участки, покрытые плотной древесной и кустарниковой растительностью возрастом более 10 лет; в) земли, на которых организована несанкционированная добыча строительных материалов (песка, глины) или свалки твердых бытовых отходов;

3) перестройка в землеустройстве новообразованных сельскохозяйственных предприятий на месте бывших советских колхозов и совхозов: при повторном вовлечении в сельскохозяйственный оборот часть пастбищ и сенокосов была превращена в пашню и наоборот, а количественный учет сельскохозяйственных угодий до сих пор ведется по землеустроительным планам советского периода.

Поэтому реальные резервы неиспользуемой пашни значительно меньше гипотетических. По данным Министерства сельского хозяйства Калининградской области, на 01.01.2023 г. насчитывалось 38,9 тыс. га неиспользуемой пашни возрастом более 2 лет (что прямо попадает под определение «залежь»). Пространственное распределение этих площадей неравномерное (рис. 5) в связи с фактическими почвенно-агрохимическими и социально-экономическими условиями. Возрастные различия в составе залежных угодий показывают нестабильность землепользования. Группа возрастом от 2 до 10 лет – это угодья, вовлекавшиеся в повторный сельскохозяйственный оборот, но затем вновь перешедшие в залежь (возврат из аренды, изъятие за неиспользование по назначению). Таким образом, в настоящее время площади залежей остаются динамичным показателем.



**Рисунок 5.** Долевое участие (%) разных возрастных групп залежей в составе общей площади неиспользуемых пахотных угодий по муниципальным образованиям Калининградской области на 2023 г. (обработка данных областного Министерства сельского хозяйства).

## ВЫВОДЫ

1. Феномен распространения залежных угодий возник как следствие глубокой перестройки правовых и экономических основ ведения сельского хозяйства после 1991 г., что сопровождалось изменением специализации, реорганизацией и распадом сельскохозяйственных предприятий, сокращением финансирования мелиоративного и агрохимического обслуживания. В настоящее время состояние осушенных залежных земель в большинстве случаев неудовлетворительное. Агрохимическое состояние неоднородное с общей тенденцией к подкислению дерново-подзолистых и буроземных почв.

2. Динамика площадей залежных угодий с 1991 по 2023 гг. связана с последовательной сменой трех микропериодов перераспределения земель сельскохозяйственного назначения от дробления на мелкие пайи и доли до формирования крупных землевладельцев.

3. С 1991 г. происходило постоянное увеличение площадей залежей в Калининградской области, достигшее пика к 2010 гг. (368 тыс. га или 49% от площади всех сельскохозяйственных угодий). Результатом мер, принятых на областном уровне, стал обратный процесс – повторное вовлечение залежей в сельскохозяйственный оборот. В течение 2011–2017 гг. удалось освоить около 160 тыс. га. Дальнейшее замедление процесса связано как с исчерпанием наиболее пригодных земель, так и со слабостью законодательных механизмов эффективного контроля за целевым использованием освоенных угодий.

4. Обнаружена тесная взаимосвязь варьирования посевных площадей и количества залежей в области. Вместе с тем показана некорректность сравнения потенциальных резервов пашни с уровнем 1990 г.

5. В настоящее время остаётся неопределённость в точных цифрах неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в Калининградской области. Причиной этого является комплекс нерешенных проблем с регулированием землепользования и консервативностью землеустроительной основы.

## ЛИТЕРАТУРА

Агропромышленный комплекс Калининградской области. Организационно-экономические основы системы ведения сельского хозяйства / Апраткин В.И., Боровков М.Я., Васильев В.Б. и др.; науч. ред. М.В. Москалев. Калининград: Калининградское книжное изд-во, 1987. 170 с.

Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции/ А.Л. Иванов (ред.). Москва: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 405 с.

Алиханов раскрыл, сколько в Калининградской области бесхозной земли / Интервью губернатора А.А. Алиханова 16.06.2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://fedpress.ru/news/39/economy/2762112> (дата обращения 01.01.2024).

Анциферова О.А. Проблемы трансформации растительного и почвенного покрова запада Русской равнины // Растение и почва: тезисы докладов Всероссийской молодежной конференции (Санкт-Петербург, 6–10 декабря 1999 г.). Санкт-Петербург, 1999. С. 14–15.

Анциферова О.А. Динамика растительности и свойств почв на молодых залежах Тамбовской равнины и Замландского полуострова. Калининград: Изд-во КГТУ, 2005. 304 с.

Анциферова О.А. Динамика показателей плодородия на залежных землях Калининградской области // Агрехимический вестник. 2008. № 2. С. 2–3.

Анциферова О.А., Сафонова Д.Н., Меркучев А.В. Формирование и продуктивность сенокосов на осушенных тяжелых дерново-подзолистых почвах Лава-Прегольской низменности при повторном вовлечении в сельскохозяйственный оборот // Высокопродуктивное и экологически чистое агрохозяйство на мелиорированных землях: труды Международной научно-практической конференции (Тверь, 30 сентября 2019 г.). Тверь, 2019. С. 228–233.

В Калининградской области интенсивно скупают земли у доверчивых крестьян по мизерным ценам. Калининградское новостное агентство. Дата публикации 29.08.2002. [Электронный ресурс]. URL: <https://fedpress.ru/news/39/economy/2762112> (дата обращения 10.12.2023).

В Калининградской области простаивает треть от общей площади сельхозугодий. Дата публикации 09.02.2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://rainbow-news.ru/kaliningrad/102562#ixzz4rdnEX5tP> (дата обращения 15.12.2023).

В Калининградской области проверяют плодородность заброшенных сельхозугодий. Интервью министра сельского хозяйства Н.Е. Шевцовой. Дата публикации 21.09.2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://balticnews.ru/v-kaliningradskoj-oblasti-proveryat-plodorodnost-zabroshennyh-selhozugodij/> (дата обращения 02.12.2023).

В Калининградской области в оборот вовлечено около 3 тысяч гектаров неиспользуемых земель. Управление Россельхознадзора по Калининградской области. Дата публикации 17.08.2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://39.fsvps.gov.ru/news/v-kaliningradskoj-oblasti-v-oborot-vovlecheno-okolo-3-tysjach-gektarov-neispolzuemyh-zemel/> (дата обращения 11.12.2023).

В регионе вводятся в оборот длительное время неиспользуемые земли сельхозназначения. Информация Правительства Калининградской области. Дата публикации 13.04.2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://gov39.ru/press/150876/> (дата обращения 11.12.2023).

Гаева Д.В., Барина Г.М. Геоэкологические условия производства продукции пчеловодства в Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. № 1. С. 13–20.

Географический атлас Калининградской области / В.В. Орленок (гл. ред.). Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. 276 с.

Джабраилова Б.С. Возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 56–66. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66>.

Доклад о состоянии и использовании земель Калининградской области за 1999 г. Калининград: Управление Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Калининградской области, 2000. 60 с.

Доклад о состоянии и использовании земель Калининградской области за 2000 г. Калининград: Управление Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Калининградской области, 2001. 59 с.

Доклад о состоянии и использовании земель Калининградской области в 2006 г. Калининград: Управление Федерального агентства кадастра объектов недвижимости по Калининградской области, 2007. 69 с.

Документы. Земли. Министерство сельского хозяйства Калининградской области 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://mcx.gov39.ru/documents/zemli/> (дата обращения 20.03.2024).

Заброшенным землям – новую жизнь // Калининградский аграрий. 2005. № 23. С. 1.

История сельского хозяйства Калининградской области / А.Л. Гусев, В.Н. Маслов (отв. ред.). Калининград, 2006. 464 с.

Корнеевец В.С., Федоров Г.М. Состояние и перспективы развития сельского хозяйства Калининградской области // Регион сотрудничества. Вып. 10 (35): Социально-экономическая политика развития сельских территорий / А.П. Клемешев (общ. ред.). Калининград: Изд-во КГУ, 2004. С. 5–14.

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.

Меркучев А.В. Технология ввода земель в сельскохозяйственный оборот из залежи в центральной и восточной части Калининградской области // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях: материалы Международной научно-практической конференции. Часть 1. (ВНИИМЗ, г. Тверь, 25 сентября 2020 г.). Тверь: Тверской государственный университет, 2020. С. 207–214.

Научные основы системы земледелия Калининградской области: сборник/ О.А. Борматенков, Е.Н. Валуцкий, М.К. Вегеле и др. Калининград, 1982. 253 с.

Новости региона 39. Как вернуть к жизни заброшенные поля? Дата публикации 09.04.2007. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chernyahovsk.com/index.php?id=742> (дата обращения 20.01.2024).

Об итогах развития сельского хозяйства Калининградской области за три года. Доклад губернатора Калининградской области Н.Н. Цуканова. Калининград, 2013. [Электронный ресурс]. URL: <https://gigabaza.ru/doc/2050.html> (дата обращения 20.01.2024).

Панасин В.И. Химизация земледелия Калининградской области за 40 лет (1966–2005 гг.): справочник. Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «КГТУ», 2007. 139 с.

Панасин В.И., Депутатов К.В., Вихман М.И. Почвы Калининградской области и их агрохимические свойства. Калининград: Изд-во БФУ им. Канта, 2020. 240 с.

Площади сельскохозяйственных угодий и пашни, используемые землепользователями, занимающимися сельскохозяйственным производством (1990–2004 гг.). Федеральная служба государственной статистики. Москва, 2005. [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b05\\_14p/isswww.exe/stg/d010/11-08.htm](https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b05_14p/isswww.exe/stg/d010/11-08.htm) (дата обращения 20.01.2024).

Площадь сельскохозяйственных угодий по регионам России. Статистические данные Росреестра на 01.01.2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://ruxpert.ru/> (дата обращения 20.01.2024).

Поле непаханое. Почему калининградские фермеры не хотят обрабатывать землю. Дата публикации 21.08.2014. [Электронный ресурс]. URL: <https://klg.aif.ru/apk/raznoe/1213051> (дата обращения 20.01.2024).

Посевные площади и валовые сборы в Калининградской области в 2016 г.: статистический сборник. Калининград: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики, 2017. 146 с.

Посевные площади сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий (2014–2022). Калининград: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики, 2023. 2 с.

Постановление администрации Калининградской области от 17.03.2000 г. № 122 «Об утверждении отчета о наличии и использовании земель Калининградской области по состоянию на 1 января 2000 года». Калининград: Администрация Калининградской области, 2000. 23 с.

Постановление Правительства Калининградской области от 02 августа 2012 г. № 581 О целевой Программе Калининградской области «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Калининградской области на 2012–2016 годы». Калининград: Правительство Калининградской области, 2012. 35 с.

Постановление Правительства Калининградской области от 05.12.2011 г. № 914. О целевой Программе Калининградской области «Развитие мясного скотоводства в Калининградской области на 2012–2014 годы». Калининград: Правительство Калининградской области, 2012а. 35 с.

Постановление Правительства Калининградской области от 16.06.2014 г. № 380 (в ред. от 22.12.2014 г. № 892) О Государственной программе Калининградской области «Развитие сельского хозяйства». Калининград: Правительство Калининградской области, 2014. 40 с.

Постановление Правительства Калининградской области от 28.10.2011 г. № 804 О целевой программе Калининградской области «Вовлечение в сельскохозяйственное производство не используемых по целевому назначению земель сельскохозяйственного назначения Калининградской области на период 2011–2016 годов». Калининград: Правительство Калининградской области, 2011. 25 с.

Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). Москва, 2021. 27 с.

Потерянные земли. Дата публикации 04.07.2006. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.newkaliningrad.ru/articles/our/realty/124218.html> (дата обращения 18.02.2024).

Правительство региона выступило с предложением по совершенствованию земельного законодательства. Информация Правительства Калининградской области. Дата публикации 25.09.2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://gov39.ru/press/141712/> (дата обращения 18.02.2024).

Романова Е.А., Виноградова О.Л. Современные ландшафты Калининградской области как отражение динамики землепользования // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта, 2015. №. 1. С. 35–43.

Сельское хозяйство Калининградской области в 2003 г.: статистический сборник. Калининград: Облкомстат, 2004. 72 с.

Сельское хозяйство. Зерновые и зернобобовые. Новости Калининградстата. Калининград: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики, 2023. [Электронный ресурс]. URL: [https://39.rosstat.gov.ru/statistical\\_news/document/225459](https://39.rosstat.gov.ru/statistical_news/document/225459) (дата обращения 15.02.2024).

Состояние окружающей природной среды Калининградской области в 1997 г. Калининград: Комитет природных ресурсов по Калининградской области, 1998. 130 с.

Состояние окружающей природной среды Калининградской области в 2000 году. Калининград: Комитет природных ресурсов по Калининградской области, 2001. 160 с.

Схема территориального планирования Калининградской области. Схема планируемого изменения границ земель сельскохозяйственного назначения и границ сельскохозяйственных угодий в их составе. Масштаб 1:200000. ООО «Институт «Ленгипрогор», Региональное учреждение Калининградской области «Региональный градостроительный центр», 2007.

Треть сельхозугодий в Калининградской области не используется по назначению. Интервью начальника отдела земельных отношений Т.И. Евсеевой. Дата публикации 02.09.2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://balticnews.ru/> (дата обращения 15.02.2024).

Через три года в Калининградской области не останется заброшенных земель. Итоги рабочего совещания. Дата публикации 02.07.2011. [Электронный ресурс]. URL: <https://admgusev.ru/city/news/detail.php?ID=5709> (дата обращения 15.02.2024).

Поступила в редакцию 05.04.2024

Принята 21.04.2024

Опубликована 11.07.2024

#### Сведения об авторе:

**Анциферова Ольга Алексеевна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрономии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» (г. Калининград, Россия); [anciferova@inbox.ru](mailto:anciferova@inbox.ru)

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Analysis of the dynamics of abandoned lands in the Kaliningrad region

© 2024 O. A. Antsiferova

*Kaliningrad State Technical University, Sovetsky Prospekt, 1, Kaliningrad, Russia. E-mail: [anciferova@inbox.ru](mailto:anciferova@inbox.ru)*

**The aim of the study.** *Establishing the causes and patterns of variation in the areas of abandoned agricultural land.*

**Location and time of the study.** *The studies were conducted focusing the territory of the Kaliningrad region and embrace the 1990–2023 period.*

**Methods.** *Methods of analysis of archived materials and chronosequences (abandoned lands, unused arable land, their acreage), as well as correlation analysis of the data series were used.*

**Results.** *The emergence and spread of abandoned lands occurred along the sequence of three microperiods with different specifics of land use. The largest areas of abandoned lands were typical for 2010, when their share*

reached 49% of the total area of agricultural land. The implementation of regional programs aimed at re-involving unused agricultural land into circulation led to a decrease in the area of abandoned lands. It was established that 86% of the abandoned lands dynamics was related to the variation in acreage, thus explaining the current crop specialization of agriculture in the region.

**Conclusions.** In the Kaliningrad region, there has been a negative trend in the area of abandoned lands since 2011. The slowdown in this process is due to both objective reasons and legal aspects of land use.

**Keywords:** abandoned lands; unused arable land; acreage.

**How to cite:** Antsiferova O.A. Analysis of the dynamics of abandoned lands in the Kaliningrad region. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e262. DOI: [10.31251/pos.v7i3.262](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.262) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

Agro-industrial complex of the Kaliningrad region. Organizational and economic foundations of the agricultural management system / Apryatkin V.I., Borovkov M.Ya., Vasiliev V.B. et al.; scientific ed. by M.V. Moskalev. Kaliningrad: Kaliningrad Book Publishing House, 1987. 170 p. (in Russian).

Agroecological state and prospects of using the lands of Russia that have been eliminated from active agricultural turnover: materials of the All-Russian Scientific Conference/ A.L. Ivanov (ed.). Moscow: V.V. Dokuchaev Soil Institute, 2008. 405 p. (in Russian).

Alikhanov revealed how much orphan land there is in the Kaliningrad region / Interview with Governor A.A. Alikhanov on 06.16.2021 [Electronic resource]. URL: <https://fedpress.ru/news/39/economy/2762112> (accessed on 01.01.2024). (in Russian).

Antsiferova O.A. Problems of transformation of vegetation and soil cover of the West of the Russian plain. In book: Plant and soil. Abstracts of the All-Russian Youth Conference (St. Petersburg, 6–10 December, 1999). St. Petersburg, 1999. P. 14–15. (in Russian).

Antsiferova O.A. Dynamics of vegetation and soil properties in young deposits of the Tambov plain and the Zamland Peninsula. Kaliningrad: Publishing house of KSTU, 2005. 304 p. (in Russian).

Antsiferova O.A. Dynamics of fertility indicators on fallow lands of the Kaliningrad region. *Agrochemical Herald*. 2008. No. 2. P. 2–3. (in Russian).

Antsiferova O.A., Safonova D.N., Merkuhev A.V. Formation and productivity of hayfields on drained heavy sod-podzolic soils of the Lava-Pregolsky lowland with repeated involvement in agricultural turnover. In book: Highly productive and environmentally friendly agricultural management on reclaimed lands. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Tver, 30 September, 2019). Tver, 2019. P. 228–233. (in Russian).

In the Kaliningrad region, land is being intensively bought from gullible peasants at meager prices. Kaliningrad News Agency. Published on 29.08.2002. [Electronic resource]. URL: <https://fedpress.ru/news/39/economy/2762112> (accessed on 10.12.2023). (in Russian).

In the Kaliningrad region, one third of the total area of agricultural land is idle. Published on 09.02.2017. [Electronic resource]. URL: <http://rainbow-news.ru/kaliningrad/102562#ixzz4rdrnEX5tP> (accessed on 15.12.2023). (in Russian).

In the Kaliningrad region, the fertility of abandoned farmland will be checked. Interview with the Minister of Agriculture N.E. Shevtsova. Published on 21.09.2021. [Electronic resource]. URL: <https://balticnews.ru/v-kaliningradskoj-oblasti-proveryat-plodorodnost-zabroshennyh-selhozugodij> (accessed on 02.12.2023). (in Russian).

In the Kaliningrad region, about 3 thousand hectares of unused land are involved in turnover. The Rosselkhoznadzor Administration for the Kaliningrad region. Published on 17.08.2023 [Electronic resource]. URL: <https://39.fsvps.gov.ru/news/v-kaliningradskoj-oblasti-v-oborot-vovlecheno-okolo-3-tysjach-gektarov-neispolzuemyh-zemel> (accessed on 11.12.2023). (in Russian).

Unused agricultural land has been put into circulation in the region for a long time. Information from the Government of the Kaliningrad region. Published on 13.04.2019. [Electronic resource]. URL: <https://gov39.ru/press/150876/> (accessed on 11.12.2023). (in Russian).

Gaeva D.V., Barinova G.M. Geoecological conditions of bee production in the Kaliningrad region. *Vestnik of the Baltic Federal University named after I. Kant*. 2013. No. 1. P. 13–20. (in Russian).

Geographical atlas of the Kaliningrad region / V.V. Orlenok (chief editor). Kaliningrad: Publishing House of KSU; TSNIT, 2002. 276 p. (in Russian).

Dzhabrailova B.S. Opportunities to involve unused agricultural land in the turnover in the regions of the Northwestern federal district. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2021. No. 11 (214). P. 56–66. (in Russian). <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66>



- Report on the state and use of the lands of the Kaliningrad region for 1999. Kaliningrad: Office of the Federal Agency for the Cadastre of Real Estate in the Kaliningrad region, 2000. 60 p. (in Russian).
- Report on the state and use of the lands of the Kaliningrad region for 2000. Kaliningrad: Office of the Federal Agency for the Cadastre of Real Estate in the Kaliningrad region, 2001. 59 p. (in Russian).
- Report on the state and use of the lands of the Kaliningrad region in 2006. Kaliningrad: Office of the Federal Agency for the Cadastre of Real Estate in the Kaliningrad region, 2007. 69 p. (in Russian).
- Documents. Land. Ministry of Agriculture of the Kaliningrad region 2023. [Electronic resource]. URL: <https://mcx.gov39.ru/documents/zemli/> (accessed on 20.03.2024). (in Russian).
- To abandoned lands – a new life. Kaliningrad agrarian. 2005. No. 23. P. 1. (in Russian).
- History of agriculture of the Kaliningrad region. / A.L. Gusev, V.N. Maslov (ed.). Kaliningrad, 2006. 464 p. (in Russian).
- Korneevets V.S., Fedorov G.M. The state and prospects of agricultural development in the Kaliningrad region. The region of cooperation. Issue 10 (35): Socio-economic policy of rural development / A.P. Klemeshev (general edition). Kaliningrad: Publishing House of KSU, 2004. P. 5–14. (in Russian).
- Lurie D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dynamics of agricultural lands in Russia in the twentieth century and post-agrogenic restoration of vegetation and soils. Moscow: GEOS, 2010. 416 p. (in Russian).
- Merkuchev A.V. Technology of putting lands into agricultural circulation from deposits in the central and eastern part of the Kaliningrad region. In book: Current state, priority tasks and prospects for the development of agricultural science on reclaimed lands. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Part 1. (Tver, 25 September, 2020). Tver: Tver State University, 2020. P. 207–214. (in Russian).
- Scientific foundations of the agriculture system of the Kaliningrad region: collection/ O.A. Bormatenkov, E.N. Valutsky, M.K. Vegele, et al. Kaliningrad, 1982. 253 p. (in Russian).
- Regional News 39. How to bring abandoned fields back to life? Published on 19.04.2007. [Electronic resource]. URL: <https://www.chernyahovsk.com/index.php?id=742> (accessed on 20.01.2024). (in Russian).
- On the results of the development of agriculture in the Kaliningrad region for three years. The report of the Governor of the Kaliningrad region N.N. Tsukanov. Kaliningrad, 2013. [Electronic resource]. URL: <https://gigabaza.ru/doc/2050.html> (accessed on 20.01.2024). (in Russian).
- Panasin V.I. Chemicalization of agriculture in the Kaliningrad region for 40 years (1966–2005): handbook. Kaliningrad: Publishing house of KSTU, 2007. 139 p. (in Russian).
- Panasin V.I., Deputatov V., Vikhman M.I. Soils of the Kaliningrad region and their agrochemical properties. Kaliningrad: Publishing House of the BFU named after Kant, 2020. 240 p. (in Russian).
- Areas of agricultural land and arable land used by land users engaged in agricultural production (1990–2004). Federal State Statistics Service. Moscow, 2005. [Electronic resource]. URL: [https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b05\\_14p/isswww.exe/stg/d010/11-08.htm](https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b05_14p/isswww.exe/stg/d010/11-08.htm) (accessed on 20.01.2024). (in Russian).
- The area of agricultural land by regions of Russia. Statistical data of the Federal Register for 01.01.2020. [Electronic resource]. URL: <https://ruxpert.ru/> (accessed on 20.01.2024). (in Russian).
- The field is not plowed. Why Kaliningrad farmers do not want to cultivate the land. Published on 21.08.2014. [Electronic resource]. URL: <https://klg.aif.ru/apk/raznoe/1213051> (accessed on 20.01.2024). (in Russian).
- Acreage and gross yields in the Kaliningrad region in 2016: a statistical collection. Kaliningrad: Territorial Body of the Federal State Statistics Service, 2017. 146 p. (in Russian).
- Acreage of crops in farms of all categories (2014–2022). Kaliningrad: Territorial Body of the Federal State Statistics Service, 2023. 2 p. (in Russian).
- Resolution of the Kaliningrad Region Administration dated 03/17/2000 No. 122 "On approval of the report on the availability and use of lands of the Kaliningrad Region as of January 1, 2000". Kaliningrad: Administration of the Kaliningrad Region, 2000. 23 p. (in Russian).
- Resolution of the Government of the Kaliningrad Region dated August 02, 2012 No. 581 On the target Program of the Kaliningrad region "Conservation and restoration of soil fertility of agricultural lands of the Kaliningrad Region for 2012–2016". Kaliningrad: Government of the Kaliningrad region, 2012. 35 p. (in Russian).

Resolution of the Government of the Kaliningrad Region dated 05.12.2011 No. 914. On the target Program of the Kaliningrad region "Development of beef cattle breeding in the Kaliningrad region for 2012–2014". Kaliningrad: Government of the Kaliningrad Region, 2012a. 35 p. (in Russian).

Resolution of the Government of the Kaliningrad Region dated 16.06.2014 No. 380 (as amended dated 22.12.2014 No. 892) On the State Program of the Kaliningrad region "Development of agriculture". Kaliningrad: Government of the Kaliningrad region, 2014. 40 p. (in Russian).

Resolution of the Government of the Kaliningrad Region dated 28.10.2011 No. 804 On the target program of the Kaliningrad region «Involvement in agricultural production of agricultural lands not used for their intended purpose in the Kaliningrad Region for the period 2011–2016». Kaliningrad: Government of the Kaliningrad region, 2011. 25 p. (in Russian).

Resolution of the Government of the Russian Federation dated 14May, 2021, No. 731 "On the State Program for effective involvement in the turnover of agricultural land and the development of the reclamation complex of the Russian Federation" (with amendments and additions). Moscow, 2021. 27 p. (in Russian).

Lost lands. Published on 04.07.2006. [Electronic resource]. URL: <https://www.newkaliningrad.ru/articles/our/realty/124218.html> (accessed on 18.02.2024). (in Russian).

The Government of the region has made a proposal to improve land legislation. Information from the Government of the Kaliningrad region. Published on 25.09.2018. [Electronic resource]. URL: <https://gov39.ru/press/141712/> (accessed on 18.02.2024). (in Russian).

Romanova E. A., Vinogradova O.L. Modern landscapes of the Kaliningrad region as a reflection of the dynamics of land use. Vestnik of the Baltic Federal University named after I. Kant. 2015. No. 1. P. 35–43. (in Russian).

Agriculture of the Kaliningrad region in 2003: a statistical collection. Kaliningrad: Oblkomstat, 2004. 72 p. (in Russian).

Agricultural industry. Cereals and legumes. News from Kaliningrad State Statistics Service. Kaliningrad: Territorial Body of the Federal State Statistics Service, 2023. [Electronic resource]. URL: [https://39.rosstat.gov.ru/statistical\\_news/document/225459](https://39.rosstat.gov.ru/statistical_news/document/225459) (accessed on 15.02.2024). (in Russian).

The state of the environment of the Kaliningrad region in 1997. Kaliningrad: Committee of Natural Resources for the Kaliningrad region, 1998. 130 p. (in Russian).

The state of the environment of the Kaliningrad region in 2000. Kaliningrad: Committee of Natural Resources for the Kaliningrad region, 2001. 160 p. (in Russian).

The scheme of territorial planning of the Kaliningrad region. The scheme of the planned change in the boundaries of agricultural land and the boundaries of agricultural land in their composition. Scale 1:200000. LLC «Institute «Lengiprogor», Regional institution of the Kaliningrad region «Regional Urban Planning Center», 2007. (in Russian).

A third of the farmland in the Kaliningrad region is not used for its intended purpose. Interview with the head of the Department of Land Relations T.I. Evseeva. Published on 09.02.2021. [Electronic resource]. URL: <https://balticnews.ru/> (accessed on 15.02.2024). (in Russian).

In three years, there will be no abandoned lands in the Kaliningrad region. The results of the workshop. Published on 02.07.2011. [Electronic resource]. URL: <https://admgusev.ru/city/news/detail.php?ID=5709> (accessed on 15.02.2024). (in Russian).

*Received 05 April 2024*

*Accepted 21 April 2024*

*Published 11 July 2024*

#### **About the author:**

**Olga A. Antsiferova** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Agronomy and Agroecology, Kaliningrad State Technical University (Kaliningrad, Russia); [antsiferova@inbox.ru](mailto:antsiferova@inbox.ru)

*The author read and approved the final manuscript*





The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК: 574.21; 581.5

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.275>

## Изменение флоры пахотной экосистемы на чернозёме в первые годы после прекращения агрогенного воздействия

© 2024 А. В. Трушков <sup>1</sup>, Д. П. Купрюшкин <sup>2</sup>, П. А. Дмитриев <sup>2</sup>, К. Ш. Казеев <sup>2</sup>, А. С. Собина<sup>2</sup>,  
Ю. С. Козунь <sup>2</sup>, С. И. Колесников <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», ул. Береговая, 21в, г. Ростов-на-Дону, 344002 Россия, [trushkov\\_a\\_v@azniirrh.ru](mailto:trushkov_a_v@azniirrh.ru)

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», пр. Стачки, 194/1, г. Ростов-на-Дону, 344090 Россия. [kamil\\_kazeev@mail.ru](mailto:kamil_kazeev@mail.ru)

**Цель исследования.** Оценка динамики флористического состава в течение четырёх лет после прекращения агрогенного воздействия на старопахотном участке чернозёма обыкновенного ботанического сада Южного федерального университета.

**Место и время проведения.** Исследования проведены в ботаническом саду Южного федерального университета (Ростов-на-Дону) в 2016–2019 гг.

**Методы.** Геоботанические описания проводили по общепринятым стандартным методикам.

**Основные результаты.** В течение четырёх лет залежного режима флористический состав исследуемого участка увеличился с 9 видов в первый год до 48 видов растений. В первый год постагрогенного режима Asteraceae являлись доминирующим семейством (96% от общего числа видов). В дальнейшем доля этого семейства снизилась до 45% через 2 года, до 40% через 3 года. Через 4 года после начала эксперимента в сообществе кроме семейства Asteraceae (33,3%) преобладали Poaceae (17%), Brassicaceae (4,2%), Apiaceae (4,2%), Polygonaceae (4,2%), Fabaceae (4,2%), Rosaceae (4,2%); на остальные семейства приходится 29%. Продуктивность залежного участка зависела от времени после перехода в залежный режим. По сравнению с первым годом наблюдений общий запас фитомассы снизился на 26% к четвёртому году постагрогенного режима.

**Заключение.** Прекращение агрогенного воздействия приводит к быстрому увеличению разнообразия флоры, в первые годы в основном за счёт семейства Asteraceae. Фитомасса на залежи возросла в первый год после прекращения вспашки. Развитие растительности привело к улучшению экологического состояния и повышению биологической активности почвы.

**Ключевые слова:** демутиация; залежь; постагрогенное изменение; сукцессия.

**Цитирование:** Трушков А.В., Купрюшкин Д.П., Дмитриев П.А., Казеев К.Ш., Собина А.С., Козунь Ю.С., Колесников С.И. Изменение флоры пахотной экосистемы на чернозёме в первые годы после прекращения агрогенного воздействия // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e275. DOI: [10.31251/pos.v7i3.275](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.275)

### ВВЕДЕНИЕ

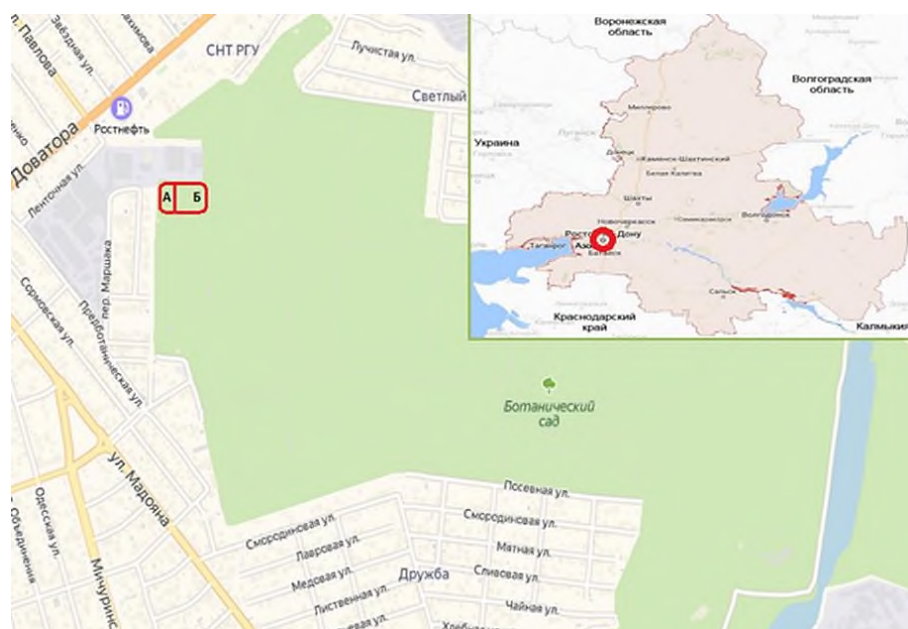
Влияние человека на окружающую среду заметно даже спустя века и эпохи. Так, в работе В.Г. Сомбрук (Sombroek, 1966) отмечены доказательства широкого влияния людей на то, что когда-то считалось первозданной амазонской средой. В результате сельскохозяйственной деятельности человека, преобразовано большое количество степных территорий, что привело к уничтожению редких видов растений и животных. Сукцессии, протекающие на залежных почвах, в результате зарастания заброшенной пашни растительностью, относят к вторичным постагрогенным (восстановительным) сукцессиям (Никулин и др., 2006; Казанцева и др., 2008; Новикова, 2009). Залежи вызывают значительный интерес исследователей во многих регионах (Азаренко и др., 2020; Миллер и др., 2023; Нечаева, 2023; и др.).

Согласно определению Г.Н. Высоцкого (1923), восстановление коренной растительности на участках земли, где она была уничтожена искусственным путем (заготовка древесины, освоение земель для сельского хозяйства) или в результате каких-либо стихийных бедствий (нападение вредителей, наводнение, пожары) является демутиационным процессом. Интенсивное зарастание сенокосов, пастбищ, залежей представляет собой начальную стадию восстановления естественного растительного покрова. Причины демутиационной смены растительности обуславливаются как природными особенностями изучаемой территории, так и хозяйственной деятельностью человека (Попов, Захаров, 1974).

Из исследований Л.И. Саратовского (2008), возраст залежи имеет прямую закономерность с её продуктивностью. На участке залежи двух лет выявлено доминирование вредных видов растений, не пригодных для скотоводства. В то время как на залежных участках с более долгим периодом (от 5 до 13 лет) выявлено преобладание поедаемых скотом видов растений, чуть ли не в четыре раза. Подтверждением этих данных могут служить ранние работы, проделанные С.А. Коттом (1961), а также исследования М.А. Мясниковой с коллегами (Мясникова и др., 2013; Азаренко и др., 2020) Таким образом, было доказано, что после вывода почв в состояние залежного режима, доминирование сорной растительности уменьшается спустя несколько лет постагрогенного состояния: примерно через четыре года отмирает *Sonchus arvensis* и *Lactuca tatarica*, а через семь лет залежного режима пропадают *Cirsium arvense* и *Convolvulus arvensis* (Саратовский, Хрюкина, 2008).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследуемая территория находится в ботаническом саду Южного федерального университета (Ростов-на-Дону). Для Ростовской области характерен равнинный рельеф территории со средней высотой 130 м. Умеренно-континентальный климат характеризуется следующими особенностями: лето умеренно-жаркое ( $\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  3202  $^{\circ}\text{C}$ ), зима умеренно-мягкая ( $\Sigma t < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 532  $^{\circ}\text{C}$ ), увлажнение недостаточное и неустойчивое (осадки 419 мм, испаряемость 1026 мм), коэффициент увлажнения 0,45 (Кутилин и др., 2023). Исследования проводили с целью изучения смены фитоценозов в первые годы залежного режима для дальнейшего прогнозирования тенденции развития и сукцессионной динамики схожих залежных участков. Исследуемый участок представляет собой молодую залежь, выделенную из старопахотного участка, в течение длительного времени поддерживаемого механическими культивациями в состоянии черного пара. Участок расположен в крайней северо-западной части территории ботанического сада Южного федерального университета, прилегающей к частному сектору города (рис. 1). Геоботаническое описание растительности участка проводилось 18.06.2016 г., 25.06.2017 г., 13.05.2018 г. и 31.05.2019 г. на площадке 100 кв. м. (что составляет 1/8 площади участка) по общепринятым стандартным методикам (Корчагин, 1964; Понятовская, 1964). Состав жизненных форм изучали по системе И.Г. Серебрякова (1964). Определение запаса надземной фитомассы проводили методом укусов в 10-кратной повторности. Описываемая площадка выбиралась как наиболее характерная и в полной мере отражает характеристики растительного покрова всего участка.



**Рисунок 1.** Месторасположение исследуемого участка молодой залежи; А – участок молодой залежи, Б – участок пашни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты по всем этапам мониторинга представлены в таблице. Флора исследуемого участка в первый год залежного режима включала 9 видов: *Ambrosia artemisiifolia*, *Artemisia vulgaris*, *Artemisia absinthium*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Carduus crispus*, *Cirsium vulgare*, *Chenopodium album*, *Rorippa austriaca*, *Oenothera biennis*.

Таблица

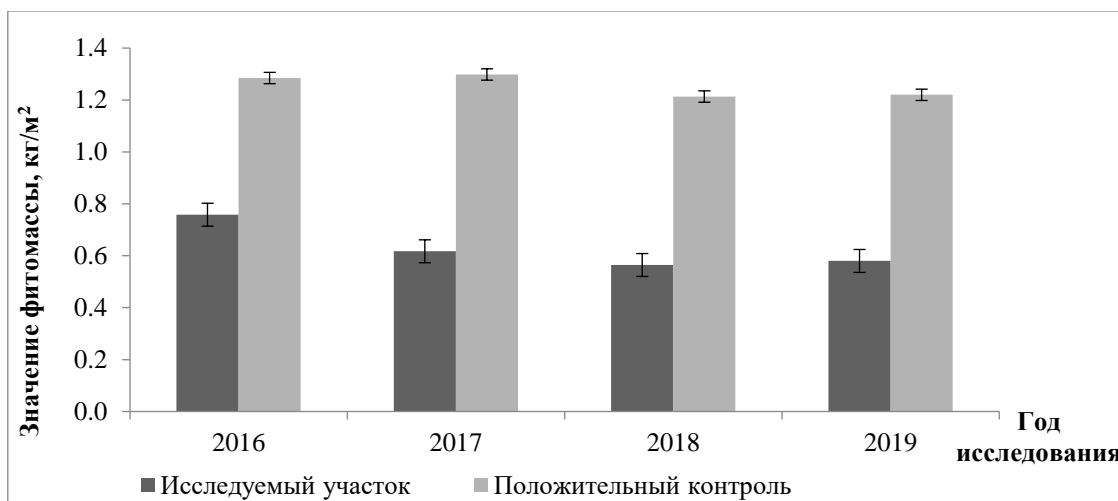
Изменение флоры и растительности на исследуемом участке залежи, 2016–2019 гг.

№	Жизненная форма	Вид	Ярус	Обилие	Годы наблюдений			
					2016	2017	2018	2019
1	Листопадное дерево или кустарник	<i>Acer negundo</i> L.	С	Cop.1	-	1	2	3
2	Листопадное дерево или кустарник	<i>Acer negundo</i> L.	В	Sol.	-	-	-	2
3	Гравянистый дву- или малолетник	<i>Daucus carota</i> L.	С	Sol.	-	-	+	+
4	Гравянистый многолетник	<i>Seseli tortuosum</i> L.	С	Sp.	-	-	+	+
5	Однолетник	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	С	Soc.	30	20	10	5
6	Однолетник	<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen.	С	Sp.	5	5	1	+
7	Однолетник	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	С	Sp.	1	1	1	+
8	Двулетник	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	С	Sp.	5	5	+	1
9	Многолетник	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	С	Cop.1	5	5	1	+
10	Многолетник	<i>Artemisia absinthium</i> L.	С	Cop.1	5	5	2	1
11	Двулетник	<i>Carduus crispus</i> L.	С	Sp.	1	1	+	+
12	Одно- или малолетник	<i>Gaillardia aristata</i> Pursh	С	Sp.	-	-	+	+
13	Дву- или малолетник	<i>Tragopogon dubius</i> Scop.	С	Sp.	-	-	+	+
14	Дву- или малолетник	<i>Erigeron podolicus</i> Besser	С	Sp.	-	-	+	+
15	Стержнекорневой многолетник	<i>Taraxacum erythrospermum</i> Andrz.	С	Sp.	-	-	+	+
16	Стержнекорневой многолетник	<i>Coreopsis grandiflora</i> Hoog ex Sweet	С	Sp.				+
17	Стержнекорневой многолетник	<i>Cichorium intybus</i> L.	С	Sp.	-	-	+	+
18	Стержнекорневой многолетник	<i>Achillea nobilis</i> L.	С	Sp.	-	-	+	+
19	Корнеотпрысковый многолетник	<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A. Mey.	С	Sp.	-	+	+	+
20	Корневищный многолетник	<i>Senecio jacobaea</i> L.	С	Sol.	-	-	+	+
21	Корневищный многолетник	<i>Solidago canadensis</i> L.	С	Sp.	-	+	+	+
22	Стержнекорневой многолетник	<i>Crambe maritima</i> L.	С	Soc.	-	5	42	22
23	Корневищный многолетник	<i>Rorippa austriaca</i> (Crantz) Besser	С	Sp.	1	1	+	+
24	Гравянистая многолетняя лиана	<i>Humulus lupulus</i> L.	С	Sp.	-	1	+	+
25	Однолетник	<i>Silene noctiflora</i> L.	С	Un.	-	-	+	-
26	Стержнекорневой однолетник	<i>Chenopodium album</i> L.	С	Sp.	1	1	-	-
27	Стержнекорневой однолетник	<i>Atriplex tatarica</i> L.	С	Sp.	-	-	+	+
28	Длиннокорневищный многолетник	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	С	Cop.1	-	1	+	1
29	Стержнекорневой многолетник	<i>Euphorbia seguieriana</i> Neck.	С	Sp.	-	-	+	+
30	Одно- двулетник	<i>Medicago lupulina</i> L.	С	Sol.	-	-	-	+
31	Корнеотпрысковый многолетник	<i>Securigera varia</i> (L.) Lassen	С	Sol.	-	-	-	+
32	Листопадное дерево	<i>Quercus robur</i> L.	С	Sp.	-	+	+	+
33	Однолетник	<i>Fumaria schleicheri</i> Soy.-Will.	С	Sol.	-	-	-	+
34	Корневищный многолетник	<i>Hypericum perforatum</i> L.	С	Un.	-	-	-	+
35	Листопадное дерево	<i>Juglans regia</i> L.	С	Sp.	-	+	1	2
36	Листопадное дерево	<i>Juglans regia</i> L.	В	Sp.	-	-	-	1
37	Эфемер	<i>Papaver rhoeas</i> L.	С	Cop.3	-	5	1	4
38	Длиннокорневищный многолетник	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	С	Soc.	-	2	5	25
39	Длиннокорневищный многолетник	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	С	Cop.1	-	+	+	+
40	Однолетник	<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	С	Cop.1	-	-	-	2
41	Кистекопневой одно-двулетник	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	С	Sp.	-	-	+	+
42	Корневищный многолетник	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	С	Sp.	-	-	+	+
43	Плотнoderновинный многолетник	<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	С	Sp.	-	-	+	+
44	Рыхлoderновинный малолетник	<i>Bromus squarrosus</i> L.	С	Sp.	-	-	-	1
45	Рыхлoderновинный многолетник	<i>Poa bulbosa</i> L.	С	Sp.	-	-	-	+
46	Однолетник	<i>Polygonum aviculare</i> L.	С	Cop.3	-	-	+	+
47	Стержнекорневой многолетник	<i>Rumex crispus</i> L.	С	Cop.1	-	-	+	+
48	Однолетник	<i>Delphinium paniculatum</i> Host	С	Sol.	-	-	+	+
49	Одно- двулетник	<i>Reseda lutea</i> L.	С	Sp.	-	-	+	+
50	Листопадный кустарник	<i>Rosa canina</i> L.	С	Un.	-	-	-	+
51	Стержнекорневой многолетник	<i>Geum urbanum</i> L.	С	Sol.	-	-	-	+
52	Однолетник	<i>Odontites vulgaris</i> Moench	С	Sol.	-	-	+	+
53	Листопадное дерево	<i>Ulmus minor</i> Mill.	С	Sp.	-	+	+	+
Всего видов растений					9	21	40	48
Общее проективное покрытие, %					54	62	81	84

Примечание.

Ярус: С – ярус травянистых растений, В – кустарниковый ярус. Обилие: Soc. – (socialis) растения смыкаются, Sor.3 – (soriosae 3) очень обильно не более 20 см между особями, Sor.1 – (soriosae 1) обильно, расстояние между растениями от 40 до 100 см, Sp. – (sparsae) рассеяно, расстояние между растениями от 100 до 150 см, Sol. – (solitariae) редко, расстояние между растениями более 150 см, Un. – (unicum) единично. «+» присутствие вида с проективным покрытием (ПП) менее 1% (в среднем около 0,5%), «-» – отсутствие вида.

В первый год постагрогенного режима Asteraceae являлись доминирующим семейством (96% от общего числа видов). В травостое преобладали бурьянистые высокотравные растения: *Ambrosia artemisiifolia*; *Artemisia vulgari*; *Cyclachaena xanthiifolia*; *Chenopodium album*, за счет чего общая фитомасса на залежном участке составила 0,76 кг/м<sup>2</sup>, что в два раза ниже, чем на положительном контроле в виде целинного участка особо охраняемой природной территории «Персиановская степь» (рис. 2). Запасы фитомассы залежного участка сравнивали с целинным участком «Персиановская степь». В течение нескольких лет исследований продуктивность залежей изменялась, что связано с рядом факторов, в том числе видовым составом растений и почвенно-гидрологическими условиями их местообитания. Этот показатель имеет прямую связь с количеством осадков, отклонения усредненного показателя которых для характерной территории вызывают перемены в составе растительности, а в дальнейшем, различия в общей величине наземной фитомассы (Трушков, 2019).

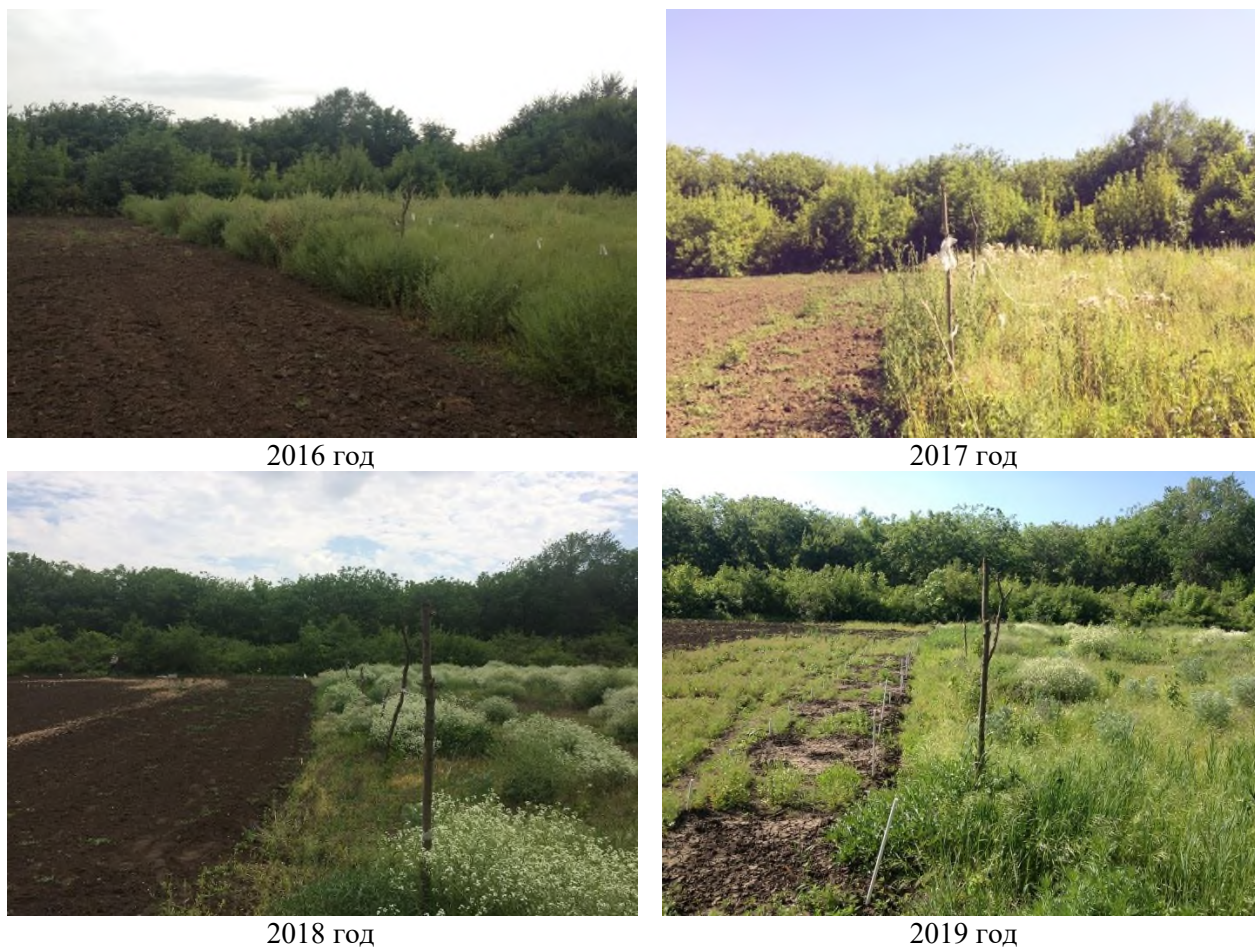


**Рисунок 2.** Фитомасса молодого залежного участка в сравнении с целинным участком особо охраняемой природной территории «Персиановская степь» (положительный контроль). Вертикальные планки погрешности представляют собой стандартное отклонение.

Среднегодовое изменение фитомассы молодого залежного участка в бурьянистой стадии восстановительной сукцессии привело к значительному поступлению экссудатов растений и повышению количества растительных остатков в почве и на её поверхности, что сказалось на биологических свойствах исследуемой почвы (Трушков, 2019; Казеев и др., 2020).

Флора исследуемого участка на второй год залежного режима (2017 г.) включала 21 вид. На долю доминирующего семейства Asteraceae пришлось 45% от общего числа видов, на долю семейства Poaceae – 10%, остальные семейства представлены единичными видами. Из-за снижения быстрорастущих, имеющих большую фитомассу сорных растений, значение фитомассы на участке во второй год залежного режима снизилось на 10% ( $p < 0,05$ ).

На третий год залежного режима (2018 г.) флора исследуемого участка насчитывала 40 видов, значение фитомассы снизилось на 26% ( $p < 0,05$ ) по сравнению с первым годом, что говорит об еще большем уменьшении доминирования в травостое бурьянистых высокотравных растений (Трушков, 2019). Для молодого залежного участка отмечена обратная корреляционная связь фитомассы со временем залежного режима ( $r = -0,97$ ) и с количеством видов определенных растений ( $r = -0,98$ ). В процентном соотношении в сообществе преобладали семейства Asteraceae (40%), Poaceae (12,5%), Brassicaceae (5%), Apiaceae (5%), Polygonaceae (5%), на остальные семейства приходилось 32,5%. По процентному соотношению проективного покрытия в сообществе преобладали семейства Brassicaceae (52,15%), Asteraceae (25,8%), Poaceae (9%), Aceraceae (2,45%), на другие сообщества приходилось 11%. Изменение растительности участка молодой залежи продемонстрировано на рисунке 3.



**Рисунок 3.** Изменение растительности на залежном участке за годы наблюдений (май – июнь).

Процентное соотношение жизненных форм выявило преобладание в сообществе однолетников (20%), травянистых стержнекорневых многолетников (20%), травянистых дву- или малолетников (13%), травянистых корневищных и длиннокорневищных многолетников (18%), крупных листопадных деревьев и кустарников (10%), травянистых одно- двулетников (8%); другие жизненные формы единичны и занимают 13%. По процентному соотношению проективного покрытия в сообществе преобладают травянистые стержнекорневые многолетники – 57%; однолетников – 18%, травянистых корневищных и длиннокорневищных многолетников – 9%, крупных листопадных деревьев и кустарников – 5%, другие жизненные формы занимают 11%.

Через 4 года залежного режима (2019 г.) флора исследуемого участка состояла из 48 видов; фитомасса достоверно не изменилась в сравнении с предыдущим годом. В процентном соотношении в сообществе преобладали семейства Asteraceae (33,3%), Poaceae (16,7%), Brassicaceae (4,2%), Apiaceae (4,2%), Polygonaceae (4,2%), Fabaceae (4,2%), Rosaceae (4,2%); на остальные семейства приходилось 29,2 %. По процентному соотношению проективного покрытия в сообществе преобладали семейства Poaceae (30,4%), Brassicaceae (26,8%), Asteraceae (16,7%), Aceraceae (6%), Papaveraceae (4,8%), Juglandaceae (3,6%); другие семейства составляли 12%.

Процентное соотношение жизненных форм выявило преобладание в сообществе травянистых стержнекорневых многолетников (21%), однолетников (19%), травянистых корневищных и длиннокорневищных многолетников (16%), а также крупных листопадных деревьев и кустарников (10%), травянистых одно- и двулетников (8%), травянистых дву- или малолетников (8%); другие жизненные формы единичны и занимали 18%. По процентному соотношению проективного покрытия в сообществе преобладали травянистые стержнекорневые многолетники – 32%, травянистые корневищные и длиннокорневищные многолетники – 29%, однолетники – 13%, листопадные деревья и кустарники – 11%, эфемеры – 5%, травянистые дву- или малолетники – 4%; другие жизненные формы занимали 6%.

Сообщество находится в бурьянистой стадии сукцессии с содоминированием травянистых корневищных и длиннокорневищных многолетников и древесно-кустарниковым акцентом. В 2019

году примерно 30% древесной флоры участка достигли яруса «В» (*Acer negundo* и *Juglans regia*); до этого все растения участка не превышали ярус «С». Признаки степной растительности мало проявлены вследствие «диаспорического голода» и богатства семян синантропной флоры. Содоминирование амброзии полынолистной указывает на начальную стадию демуляции.

Растительность участка имеет синантропный характер с содоминированием искусственно занесенного ранее вида *Crambe maritima*, что указывает на ее исключительность, к тому же отражается соседство с заброшенной клумбой и натурализовавшимися здесь культурными растениями (*Gaillardia aristata*, *Coreopsis grandiflora*, *Solidago canadensis*). Прослеживается динамика в сторону доминирования корневищных и длиннокорневищных многолетников с увеличением проективного покрытия древесно-кустарниковой флоры.

Ввиду прилегания участка к лесопосадкам наблюдается экотонный эффект в виде подроста деревьев и кустарников. Данный фактор и климатический период некоторой гумификации при прямом невмешательстве человека обусловит будущее участка. Через некоторое время при данных условиях на участке сформируется устойчивый древесно-кустарниковый фитоценоз.

Развитие травянистой растительности привело к быстрому изменению физических и биологических свойств чернозёма на залежном участке ботанического сада ЮФУ, где уже через 4–5 лет отмечено повышение влажности и структурности, содержания общего и лабильного углерода, обилия и разнообразия мезофауны, а также биологической активности почвы по сравнению с пахотным участком (Трушков, 2019; Собина и др., 2022; Trushkov et al., 2019).

## ВЫВОДЫ

1. В первые годы залежного режима на постагрогенном участке ботанического сада Южного федерального университета происходит увеличение разнообразия флоры, достигая 48 видов через четыре года.

2. Разнообразие возрастает, прежде всего, за счет уменьшения семейства Asteraceae, доля видов которого с 96% в первый год уменьшается до 33% на четвертый. Выявлена тенденция к повышению доли корневищных и длиннокорневищных многолетников с увеличением проективного покрытия древесно-кустарниковой флоры.

3. Бурный рост растительности в течение четырёх лет привел к развитию дернового процесса, изменившего свойства почв залежного участка.

## ЛИТЕРАТУРА

Азаренко (Мясникова) М.А., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Колесников С.И. Изменение растительного покрова и биологических свойств черноземов в постагрогенный период // Почвоведение. 2020. № 11. С. 1412–1422. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20110039>

Высоцкий Г.Н. О перспективах нашего степного полеводства и скотоводства // Труды бюро по прикладной ботанике и селекции. 1923. № 13. С. 3–20.

Казанцева Т.И., Бобровская Н.И., Пащенко А.И., Тищенко В.В. Динамика растительности 100-летней степной залежи (Каменная степь, Воронежская область) // Ботанический журнал. 2008. Том 93. № 4. С. 620–633.

Казеев К.Ш., Трушков А.В., Одабашян М.Ю., Колесников С.И. Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые 3 года залежного режима // Почвоведение. 2020. № 7. С. 901–910. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070059>

Корчагин А.А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. 1964. Том 3. С. 39–62.

Котт С.А. Сорные растения и борьба с ними. Москва: Сельхозгиз, 1961. С. 189–203.

Кутилин В.С., Смагина, Назаренко О.В., Савицкий В.А. Природные ландшафты Ростовской области. Ростов-на-Дону: Таганрог. Издательство Южного федерального университета, 2023. 124 с.

Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н. Почвенно-экологическая оценка разновозрастных залежей юго-востока Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2023. Том. 6. № 4. с230. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>

Мясникова М.А., Ермолаева О.Ю., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биологические особенности разновозрастных постагрогенных черноземов Ростовской области // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 722–723.



- Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Никулин А.В., Кирик А.И., Олейникова Е.М. Применение эколого-ценотического анализа для оценки степени восстановления растительного покрова // Успехи современного естествознания. 2006. № 2. С. 67–70.
- Новикова Л.А. Восстановления растительности на залежах «Кунчеровской лесостепи» // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6. С. 281–285.
- Понятовская В.М. Учет обилия и особенности видов в естественных сообществах // Полевая геоботаника. 1964. Том. 3. С. 209–299.
- Попов П.Д., Захаров В.П. Агрехимическая служба. Москва: Росиздат, 1974. 340 с.
- Саратовский Л.И., Хрюкина Е.И. Использование залежных земель // Защита и карантин растений. 2008. № 10. С. 38–40.
- Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. 1964. Том 3. С. 146–208.
- Собина А.С., Хачиков Э.А., Шмараева А.Н., Федоренко А.Н., Приходько В.Д., Казеев К.Ш. Биологическая активность чернозема обыкновенного через 5 лет после прекращения агрогенной обработки // Агрехимический вестник. 2022. № 1. С. 22–26. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-1-005>
- Трушков А.В. Эколого-биологическое состояние постагрогенных черноземов в начальный период залежного режима. Диссертация ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2019. 136 с.
- Sombroek W.G. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region // Amazon Soils Centre for Agricultural Publications and Documentation PUDOC. 1966. P. 15–31.
- Trushkov A.V., Odabashyan M.Y., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Changes in Physical Properties and Content of Total Organic Carbon in Postagrogenic Soils // Indian Journal of Ecology. 2019. Vol. 46 (3). P 529–534.

*Поступила в редакцию 24.07.2024*

*Принята 23.08.2024*

*Опубликована 17.09.2024*

#### **Сведения об авторах:**

**Трушков Анатолий Владимирович** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией гидрохимии Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (г. Ростов-на-Дону, Россия); [trushkov\\_a\\_v@azniirkh.ru](mailto:trushkov_a_v@azniirkh.ru)

**Купрюшкин Денис Павлович** – директор учебно-опытного хозяйства «Недвиговка» Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); [dkupryushkin@sfedu.ru](mailto:dkupryushkin@sfedu.ru)

**Дмитриев Павел Александрович** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, руководитель сектора системной фитоценологии и геопространственного анализа Ботанического сада Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); [pdmitriev@sfedu.ru](mailto:pdmitriev@sfedu.ru)

**Казеев Камил Шагидуллоевич** – доктор географических наук, профессор, директор Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); [kamil\\_kazeev@mail.ru](mailto:kamil_kazeev@mail.ru)

**Собина Анастасия Сергеевна** – студент 2-го курса бакалавриата, специалист по учебно-методической работе кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); [sobina@sfedu.ru](mailto:sobina@sfedu.ru)

**Козунь Юлия Сергеевна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); [kozun@sfedu.ru](mailto:kozun@sfedu.ru)

**Колесников Сергей Ильич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону, Россия); [kolesnikov@sfedu.ru](mailto:kolesnikov@sfedu.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Changes in the flora of arable ecosystem on chernozem during the first years after the cessation of agrogenic influence

© 2024 A. V. Trushkov <sup>1</sup>, D. P. Kupryushkin <sup>2</sup>, P. A. Dmitriev <sup>2</sup>, K. Sh. Kazeev <sup>2</sup>, A. S. Sobina<sup>2</sup>,  
Y. S. Kozun <sup>2</sup>, S. I. Kolesnikov <sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Azov-Black Sea Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Beregovaya str. Beregovaya, 21v, Rostov-on-Don, 344002, Russia, [trushkov\\_a\\_v@azniirkh.ru](mailto:trushkov_a_v@azniirkh.ru)*

<sup>2</sup>*Southern Federal University, Stachki Avenue, 194/1, Rostov-on-Don, 344090, Russia; [kamil\\_kazeev@mail.ru](mailto:kamil_kazeev@mail.ru)*

**The aim of the study** Assessment of the floristic composition dynamics during four years after cessation of agrogenic influence on an long-term ploughed plot of ordinary chernozem at the Botanical Garden of the Southern Federal University.

**Location and time of the study.** The research was conducted in the botanical garden of the Southern Federal University (Rostov-on-Don) in 2016-2019.

**Methods.** Geobotanical descriptions were carried out according to conventional methods.

**Results.** During the first four years of abandonment, the floral composition of the studied area increased from nine plant species in the first year to 48 species due to spontaneous revegetation. In the first year of the postagrogenic regime, Asteraceae were the dominant family (96% of the total number of species). Subsequently, the share of this family decreased by 45% after two years and by 40% after three years. Four years after the start of the experiment, in addition to the Asteraceae family (33.3%), Poaceae (17%), Brassicaceae (4.2%), Apiaceae (4.2%), Polygonaceae (4.2%), Fabaceae (4.2%), Rosaceae (4.2%) prevailed in the community, whereas the remaining families accounted for 29%. The productivity of the abandoned site depended on the season of the study. Compared with the first year of observations, the total phytomass stock decreased by 26% by the fourth year of the postagrogenic regime. The spontaneous revegetation of the abandoned plot led to an improvement in the ecological condition and an increase in the biological activity of the soil.

**Conclusions.** Abandonment of the arable land resulted in a rapid increase in flora diversity, in the first years mainly due to the Asteraceae family. Phytomass at the abandoned land increased in the first year due to the cessation of ploughing and consequent spontaneous revegetation. Vegetation development led to an improvement of the ecological condition and increased biological activity of the soil.

**Keywords:** demutation; deposit; postagrogenic change; succession.

**How to cite:** Trushkov A.V., Kupryushkin D. P., Dmitriev P. A., Kazeev K. Sh., Sobina A. S., Kozun Y. S., Kolesnikov S. I. Changes in the flora of arable ecosystem on chernozem during the first years after the cessation of agrogenic influence. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e275. DOI: [10.31251/pos.v7i3.275](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.275) (in Russian with English abstract).

### REFERENCES

- Azarenko (Myasnikova) M.A., Kazeev K.Sh., Ermolaeva O.Yu., Kolesnikov S.I. Changes in vegetation cover and biological properties of chernozems in the postagrogenic period. *Eurasian Soil Science*, 2020. Vol. 53. No. 11. P. 1645–1654. <https://doi.org/10.1134/S1064229320110034>
- Vysotsky G.N. About the prospects of our steppe field husbandry and cattle breeding. *Proceedings of the Bureau of Applied Botany and Breeding*. 1923. Vol. 13. P. 3–20. (in Russian).
- Kazansteva T.I., Bobrovskaja N.I., Pashchenko A.I., Tishchenko V.V. The dynamics of vegetation of centenary steppe fallow in Kamennaya steppe (Voronezh region). *Botanicheskii Zhurnal*. Vol. 93. No. 4. P. 620–633. (in Russian).
- Kazeev K.Sh., Trushkov A.V., Odabashian M.Yu. and Kolesnikov S.I. Postagrogenic Changes in the Enzyme Activity and Organic Carbon Content in Chernozem during the First Three Years of Fallow Regime. *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. No. 7. P. 995–1003. <https://doi.org/10.1134/S1064229320070054>
- Korchagin A.A. Species (floristic) composition of plant communities and the methods of its investigation. *Polevaya geobotanika*. 1964. Vol. 3. P. 39–62. (in Russian).
- Kott S.A. Weeds and the fight against them. Moscow: Selkhozgiz, 1961. P. 189–203. (in Russian).
- Kutilin V.S., Smagina, Nazarenko O.V., Savickij V.A. Natural landscapes of the Rostov region. Rostov-on-Don: Taganrog. Southern Federal University Publishing House, 2023. 124 p. (in Russian).
- Miller G.F., Soloviev S.V., Bezborodova A.N. Soil and ecological assessment of deposits of different ages in the south-east of Western Siberia. *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 4. e230. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i4.230>

- Myasnikova M.A., Ermolaeva O.Yu., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biological features of post-agrogenic chernozems of different ages in the Rostov Region. *Modern problems of science and education*. 2013. No. 6. P. 722–723. (in Russian).
- Nechaeva T.V. Fallow lands of Russia: distribution. Agroecological condition and prospects of use (review). *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Nikulin A.V., Kirik A.I., Oleinikova E.M. The use of environmental-ecological analysis to assess the degree of restoration of vegetation. *Advances in current natural sciences*. 2006. No. 2. P. 67–70. (in Russian).
- Novikova L.A. Restoration of vegetation in the deposits of the Kuncherovskaya forest-steppe. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2009. No. 6. P. 281–285. (in Russian).
- Ponyatovskaya V.M. Estimation of abundance and distribution of species in natural plant communities. *Polevaya geobotanika*. 1964. Vol. 3. P. 209–299. (in Russian).
- Popov P.D., Zakharov V.P. *Agrochemical service*. Moscow: Rosizdat, 1974. 340 p. (in Russian).
- Saratovsky L.I., Khryukina E.I. Use of fallow lands. *Plant Protection and Quarantine*. 2008. No. 10. P. 38–40. (in Russian).
- Serebryakov I.G. Life forms of higher plants and their study. *Polevaya geobotanika*. 1964. Vol. 3. P. 146–208. (in Russian).
- Sobina A.S., Khachikov E.A., Shmaraeva A.N., Fedorenko A.N., Prikhodko V.D., Kazeev K.Sh. Biological activity of common chernozem 5 years after termination of agrogenic treatment. *Agrochemical Herald*. 2022. No. 1. P. 22–26. (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-1-005>
- Trushkov A.V. Ecological and biological condition of post-agrogenic chernozems in the initial period of fallow regime. *Dissertation ... Cand. of Biol. Sci.* Rostov-on-Don, 2019. 136 p. (in Russian).
- Sombroek W.G. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region. Amazon Soils Centre for Agricultural Publications and Documentation PUDOC. 1966. P. 15–31.
- Trushkov A.V., Odabashyan M.Y., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Changes in Physical Properties and Content of Total Organic Carbon in Postagrogenic Soils. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46 (3). P 529–534.

*Received 24 July 2024*

*Accepted 23 August 2024*

*Published 17 September 2024*

#### **About the authors:**

**Anatoly V. Trushkov** – Candidate of Biological Sciences, Head of Hydrochemistry Laboratory, Azov-Black Sea Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (Rostov-on-Don, Russia); [trushkov\\_a\\_v@azniirkh.ru](mailto:trushkov_a_v@azniirkh.ru)

**Denis P. Kupryushkin** – Director of the Educational and Experimental Farm "Nedvigovka", Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); [dkupryushkin@sfedu.ru](mailto:dkupryushkin@sfedu.ru)

**Pavel A. Dmitriev** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Head of the Sector of Systemic Phytocenology and Geospatial Analysis of the Botanical Garden, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); [pdmitriev@sfedu.ru](mailto:pdmitriev@sfedu.ru)

**Kamil Sh. Kazeev** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Director of the Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); [kamil\\_kazeev@mail.ru](mailto:kamil_kazeev@mail.ru)

**Anastasia S. Sobina** – 2nd year Undergraduate Student, Specialist in Educational and Methodological Work of the Department of Ecology and Environmental Management of the Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); [sobina@sfedu.ru](mailto:sobina@sfedu.ru)

**Yulia S. Kozun** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); [kozun@sfedu.ru](mailto:kozun@sfedu.ru)

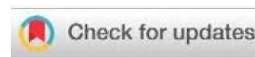
**Sergey I. Kolesnikov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Environmental Management of the Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia); [kolesnikov@sfedu.ru](mailto:kolesnikov@sfedu.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*




The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.283>

## Залежные земли и особенности исторического природопользования в ареале тёмно-серых лесных типичных почв Северного Притомья (Западная Сибирь)

© 2024 С. В. Лойко , А. А. Ткачева, Г. И. Истигечев , Д. М. Кузьмина , С. П. Кулижский ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», проспект Ленина, 36, г. Томск, 634050, Россия. E-mail: [s.loyko@yandex.ru](mailto:s.loyko@yandex.ru)

**Цель исследования.** Изучить историю природопользования и провести поиск разновозрастных залежных земель и их целинных аналогов в пределах ареалов тёмно-серых лесных почв в одном из наиболее интенсивно освоенных сельскохозяйственных районов лесной зоны юго-востока Западной Сибири (Северное Притомье).

**Место и время проведения.** Полевые исследования проводили на юге Томской (Томский район) и севере Кемеровской (Яшкинский район) областей. Работу с архивными материалами осуществляли с использованием удалённого доступа к архивным организациям и сайтам с территориальным охватом юго-востока Западной Сибири.

**Методы.** Поиск одновременных залежных земель и участков, не испытывавших агрогенного воздействия, производился путём анализа исторических картографических источников, размещённых в различных областных и государственных архивах, а также в свободном доступе в сети Интернет. Глубина покрытия найденной архивной информацией составила более 250 лет. Для анализа привлекались космические снимки последних 60 лет. Исторические источники использовали для оценки истории природопользования в пределах ареала тёмно-серых лесных типичных почв в Северном Притомье. Полевые исследования экосистем проведены в целях подтверждения сделанных на основе анализа картографических источников выводов об их сукцессионном статусе, для чего проводился морфогенетический анализ признаков былой распахки почв и определение возраста наиболее старых деревьев.

**Основные результаты.** История освоения тёмно-серых лесных типичных почв в Северном Притомье, в правобережной части реки Томь, между долинами рек Киргизки и Сосновки, насчитывает 420 лет. Первые пахотные земли появились практически сразу после основания Томска в 1604 году. К середине XVII века наблюдалось истощение и заброшенность части почв в районе Томска и села Спасского. Затем началось освоение тёмно-серых лесных типичных почв и чернозёмов в районе устья реки Сосновки. К востоку от р. Томи возникли земледельческие заимки служилых людей на серых почвах в долинах рек Ушайка и Басандайка. Первые залежные земли в ареале рассматриваемых почв появились ещё в первой половине XVII века. В XIX веке экономическая роль пашенного земледелия в жизни городского и сельского населения стала менее значимой, вокруг Томска сформировался пояс лесов. Вблизи сёл образовались припосёлковые леса, в том числе кедровники на залежах. В это время большую часть ареала тёмно-серых лесных типичных почв составляли постагрогенные экосистемы, используемые в качестве суходольных сенокосных лугов и дровяных лесов. Сформировалась мозаичная картина распределения угодий: небольшие запашки и луга соседствовали с отдельно стоящими деревьями и берёзовыми колками. Поля использовались до десяти лет, после чего их переводили в залежь. С началом механизации земледелия поля стали крупнее, площадь пашни достигла максимума. В XXI веке возникли новые залежные земли.

**Заключение.** Выявлены эталонные тёмно-серые лесные типичные почвы, не испытывавшие влияние распахки, и почвы под разновозрастными залежами, что будет использовано в дальнейших сравнительно-историко-генетических исследованиях почв.

**Ключевые слова:** серийные сообщества; подтайга; пашенное земледелие; историко-экологический анализ; динамика угодий; природопользование.

**Цитирование:** Лойко С.В., Ткачева А.А., Истигечев Г.И., Кузьмина Д.М., Кулижский С.П. Залежные земли и особенности исторического природопользования в ареале тёмно-серых лесных типичных почв Северного Притомья (Западная Сибирь) // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e283. DOI: [10.31251/pos.v7i3.283](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.283)

### ВВЕДЕНИЕ

За последние столетия в бореальном поясе Европы и Азии произошли масштабные изменения сельскохозяйственных ландшафтов, что в значительной степени связано с почти полным отказом от традиционных методов ведения сельского хозяйства (Tikkanen, Chernyakova, 2014; Henttonen et al., 2020). В северной Евразии наиболее масштабные изменения в землепользовании в

XX веке произошли в России (Henebry, 2009); так, около 578 000 км<sup>2</sup> сельскохозяйственных угодий были заброшены в период с 1961 по 2007 гг. (Kalinina et al., 2010). Площадь пахотных земель наиболее активно сокращалась после 1990 года: в период с 1990 по 2009 год в европейской части России было заброшено 272 000 км<sup>2</sup> пашни (Schierhorn et al., 2013). В результате в настоящее время на обширных территориях юга лесной зоны развивается широкий спектр постагрогенных экосистем (Телеснина и др., 2017; Рыжова и др., 2020; Smirnova et al., 2017). В последнее десятилетие в России начался и обратный процесс, происходит возврат части залежных земель в сельскохозяйственный оборот (Нечаева, 2023). Наличие значительной площади заброшенных сельскохозяйственных земель в России требует оценки возможности и перспективы их использования в народном хозяйстве. Более того, показано, что появление залежных земель имеет более длительную историю, чем только последние 40 лет, поэтому для многих регионов можно найти более старые, столетние залежи (Люри и др., 2010). Пространственно-временные смены землепользований, в том числе аграрных, на постаграрные и обратно, влияют на динамику почвенного углерода столь же значимо, как и изменение климата (Wertebach et al., 2017; Rolinski et al., 2021). Например, постагрогенные леса играют важную роль в качестве поглотителей углерода (Курганова и др., 2021; Post, Kwon, 2000; Roeslauer et al., 2011). Всё это делает региональные ретроспективные исследования ландшафтов актуальными для изучения степени влияния предыдущих изменений на пулы почвенного углерода с целью прогнозирования возможных будущих изменений при тех или иных ландшафтных воздействиях (Енчилик и др., 2023; Шопина и др., 2023).

Выявление вклада человека в формирование современных ландшафтов требует тщательного анализа исторических картографических и архивных статистических материалов, данных дистанционного зондирования Земли. Для более старых развитых регионов России этот подход позволяет провести углубленный ретроспективный анализ за период до 150–250 лет (Arkhipova, 2015; Terekhin, Chendev, 2019). Историческая динамика ландшафтов по хронологическим срезам изучена для некоторых районов Европейской территории России и Урала (Чагин, 2017а; 2017б; Rautiainen et al., 2016; Arkhipova, 2015; Aleinikov, 2019; Terekhin, Chendev, 2019). Установлено значительное изменение структуры землепользований в последние столетия, а также ведущая роль антропогенного фактора в формировании ландшафтных паттернов. Для территории Сибири подобных работ выполнено мало и посвящены они динамике последних десятилетий в пределах зернового пояса Западной Сибири (Nguyen et al., 2018). Бытует даже мнение, что влияние человека на лесные ландшафты Сибири является чем-то исторически новым (Агаркова, 2017). Однако ещё в начале XX века появлялись в печати работы с паническими формулировками относительно состояния лесов Сибири (Строгий, 1911). Всё больше данных, как со стороны археологов, так и историков, что юг лесной зоны крайне сильно трансформирован в течение последних четырёх столетий, как минимум, крестьянами (Барсуков, Чёрная, 2020). Также имеются данные, что земледелие на юге лесной зоны появилось до того, как эти территории вошли в состав Российского государства (Рябогина, Иванов, 2011; Адамов, 2018). Показано и значительное влияние человека на динамику пожаров в лесной зоне на протяжении второй половины голоцена (Лойко и др., 2022; Ryabogina et al., 2024).

В лесной зоне Западной Сибири наиболее освоена подтайга, в пределах ареалов **тёмно-серых лесных типичных почв (СЛ<sup>T</sup>)**, большая часть которых распахана. Первые распахки русских поселенцев в ареале этих почв возникли более 400 лет назад (Бояршинова, 1951). Однако до сих пор нет сведений о том, каким образом изменились свойства этих почв в результате столь длительного агрогенного преобразования. Одной из таких сильно освоенных территорий является северное Притомье в пределах бассейна реки Томи на юге Томской и севере Кемеровской областей (Томский и Яшкинский районы). СЛ<sup>T</sup> автономных позиций составляют здесь основу пахотного клина. Изучить степень трансформированности этих почв за столетия освоенности довольно проблематично по причине почти полного отсутствия нетронутых распахкой почв, которые могли бы стать эталонными лесными почвами, «точкой» отсчёта при сравнительно-почвенно-географических исследованиях. Более того, при проведении такой сравнительной работы требуется учитывать исходную микронеоднородность почвенного покрова, контролировать идентичность почвообразующих пород, форм рельефа, стремиться к выбору **ключевых участков (КУ)** с минимальным проявлением эрозии. Только в таком случае выявленные различия почв сравниваемых угодий можно соотнести с историей их использования. Поэтому любое сравнительно-историко-географическое исследование должно начинаться с надёжного обоснования выбранных хроносери, чему и посвящено данное исследование.

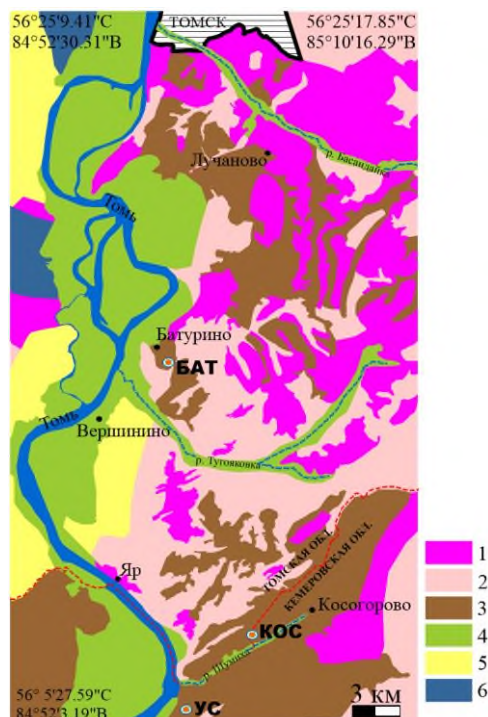
Цель работы заключалась в изучении истории природопользования и поиске разновозрастных залежных земель и их целинных аналогов в пределах ареалов тёмно-серых лесных почв в одном из

наиболее интенсивно освоенных сельскохозяйственных районов лесной зоны юго-востока Западной Сибири (Северное Притомье). На основе анализа картографических и иных архивных источников изучены особенности формирования растительности и агрогенные воздействия на СЛТ со стороны традиционных крестьянских сельскохозяйственных систем. Произведён поиск разновозрастных залежей и условно-коренной растительности на основе картографических источников. В найденном по историческим картам условно-коренном лесу проведены полевые исследования на предмет его соответствия биогеоценотическим критериям длительно-лесной экосистемы.

### РАЙОН, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследований приурочен к территории Северного Притомья и относится к подтаёжной зоне серых лесных почв (по: Урусевская и др., 2020). В этом районе наиболее освоены ландшафты плакорных и склоновых геосистем, а на месте части сохранившихся лесов ранее располагались сельскохозяйственные угодья (сенокосные, пашенные и пастбищные). Лишь в поясе черневой тайги на вершине Томь-Яйского междуречья сохранились квазиклиматские высокотравные осиново-пихтовые черневые леса на дерново-подзолистых и светло-серых почвах (Хмелев и др., 1988; Лойко и др., 2015). Основной ареал распространения этих лесов – Салаирский кряж, Горная Шория и Кузнецкий Алатау.

В пределах 10–15 км на восток от русла Томи ведущим компонентом почвенного покрова плакорных ландшафтов выступают серые и тёмно-серые лесные почвы, в том числе пахотные (рис. 1). На юге рассматриваемого района доля СЛТ в почвенном покрове увеличивается и, согласно К.П. Горшенину (1955), им сопутствуют чернозёмы оподзоленные и чернозёмы выщелоченные. Согласно Н.И. Кузнецову (1915), в пределах этого района чернозёмы деградированные расположены вблизи р. Томь. Различия в названиях связаны с использованием разных классификаций. Это схожие почвы с тёмногумусовым горизонтом и близким залеганием карбонатов (90–150 см, реже глубже). Ареалы СЛТ плакоров граничат с серыми и светло-серыми почвами склонов долин. Плакорная растительность Северного Притомья изменяется от высокотравной осиново-пихтовой черневой тайги наиболее высокой части Томь-Яйского междуречья (180–270 м) к светлехвойно-мелколиственным разнотравно-злаковым подтаёжным лесам на сниженных частях междуречья (100–180 м).



**Рисунок 1.** Распространение почв в Северном Притомье и ключевые участки в пределах ареалов тёмно-серых лесных почв (составлен по «Почвенная карта..., 1989» с изменениями). Ландшафты с преобладанием в плакорных условиях: 1 – серых лесных почв с эпизодическим включением тёмно-серых лесных почв; 2 – дерново-подзолистых, светло-серых и серых лесных почв; 3 – тёмно-серых лесных почв на плакорах; 4 – аллювиальных почв; 5 – почв борových песков; 6 – торфяных почв.

Задача поиска разновременных залежных экосистем, не испытывавших агрогенного воздействия, решалась путём анализа исторических картографических источников, размещённых в различных областных и государственных архивах (Государственные архивы Алтайского края, Томской и Новосибирской областей, Российский государственный военно-исторический архив и др.), а также в свободном доступе в сети Интернет. Глубина покрытия найденной архивной информацией составила более 250 лет. Для анализа привлекались и космические снимки последних 60 лет. Поиск производили в пределах высоких надпойменных террас Томи вне склоновых поверхностей с наличием выпуклых форм микрорельефа с уклонами менее 2°. Такие условия необходимы для исключения влияния натежного увлажнения и эрозии, осложняющих интерпретацию различий почв хроносери в условиях физической ограниченности потенциальной выборки. Исторические источники использовали для оценки истории природопользования в пределах ареала СЛТ в Северном Притомье.

Главной задачей работы было найти почву, не подвергавшуюся распашке. Для этого комбинировали картографический подход с поиском экосистемных индикаторов длительно-лесного состояния. В староосвоенных ландшафтах лесной зоны редкими являются экосистемы поздних сукцессионных стадий, так как для их формирования требуется несколько сотен лет непрерывающегося развития. Многообразие экзогенных нарушений лесных экосистем, таких как рубки, пожары, инвазии вредителей, выпас и сенокосение, распашка и другие, приводит к прерыванию сукцессионного цикла, а экосистема после снятия нагрузки начинает своё развитие с ранних стадий. Экосистемы, формирующиеся длительное время без кардинальных экзогенных нарушений, называются длительно-лесными. Для них характерны особые черты строения, для возникновения которых должно пройти несколько сотен лет. К ним относятся, прежде всего, оконная мозаика фитоценоза, наличие ветровально-почвенных комплексов и валежа всех стадий разложения всех произрастающих древесных пород, зоогенные и микогенные нарушения, определяющие возможность сообитания в пределах сообществ экологически различных групп видов (Восточноевропейские..., 2004). В случае, если длительно-лесное сообщество развивается в условиях отсутствия возможности поступления зачатков позднесукцессионных видов, либо эти виды элиминируются каким-либо экзогенным воздействием (низовые пожары, эпизодическое сенокосение, выборочные рубки и т.д.), то формируются диаспорический или экотопический субклимаксы (Смирнова, 2004); также подобные сообщества называют длительно-производными. Для таких сообществ характерен неполный перечень вышеперечисленных признаков старовозрастных лесов. Опираясь на признаки длительно-лесных старовозрастных экосистем (Восточноевропейские..., 2004; Смирнова, 2004; Смирнова и др., 2013) выдвинута гипотеза: если в ареале плакорных СЛТ Притомья сохранились подобные экосистемы, то их фитоценозы будут содержать высокотравные парцеллы, а в древостое будет присутствовать осина.

Для соблюдения принципа единственного различия при прочих равных условиях, когда этим различием выступает история землепользования, участки с разновременными постагрогенными сукцессионными стадиями выбирали на схожих формах микрорельефа с идентичными почвообразующими породами. Для этого анализировали геологические карты, а схожесть структур почвенных микрокомбинаций, как косвенного свидетельства однородности литолого-геоморфологических условий, оценивали по весенним космическим снимкам спутников Corona 60-х годов XX столетия, так как эти снимки охватывали большие площади (стороны снимка размером десятки км) с распаханной и незасеянной полями, что позволяет экспертно оценивать рисунки почвенных комбинаций.

В пределах ареала СЛТ по архивным и дистанционным данным были выявлено несколько подходящих КУ: вблизи деревень Батурино (БАТ; 56°14'56" с.ш., 84°59'32" в.д.), Косогорова (КОС; 56°8'1" с.ш., 85°2'26" в.д.) и Усть-Сосновка (УС; 56°5'52" с.ш., 84°59'25" в.д.) (см. рис. 1). На каждом из ключевых участков проведены рекогносцировочные исследования. Вблизи Усть-Сосновки и Батурино заложены почвенные разрезы. В них диагностировали былую распашку по следующим признакам: наличие ровной границы в пределах гумусированных горизонтов; наличие слоя с гомогенным распределением древесных углей; потемнение окраски в пределах потенциального пахотного горизонта, связанное с оборотом исходного гумусового горизонта при первой глубокой вспашке плугом с оборотом пласта. Определяли плотность сложения почв методом режущего кольца на молодых залежах (около 20 лет) и в коренном лесу. Описание растительности и экосистемы проводили для фиксации признаков старовозрастности. Фиксировали доминанты травяного яруса и подлеска, их общее состояние. Для уточнения возраста старых залежных земель, заброшенных более

100 лет, проводили определение возраста самых старых деревьев путём их кернения буровом Пресслера.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Начало XVII века – появление первых залежных земель в ареале тёмно-серых лесных почв.** История земледелия в ареалах СЛ<sup>T</sup> насчитывает более четырёх столетий; так, первые «государевы пашни» Томска, основанного в 1604 году, возникли уже в первое десятилетие существования города. Необходимость появления запашек была связана с удаленностью Томского острога от земледельческих центров, что требовало формирования местной продовольственной базы (Бояршинова, 1951). В 20-х годах XVII века был создан второй участок «государева поля» в окрестностях села Спасского в 15–18 км к югу от Томска. В 1656 г. на расстоянии 50 км от Томска южнее устья реки Сосновка, притока Томи, возник третий участок «государевой пашни». В плакорных условиях всех трёх участков преобладают СЛ<sup>T</sup>. Таким образом, интересующие нас ареалы почв были активно вовлечены в использование уже в XVII веке. Кроме «государевой пашни», почти сразу возникают и «собинные» запашки, принадлежащие разным категориям населения, таким как служилые люди, крестьяне, обрабатывающие «государево поле», посадские люди. К 1626 году площади государственной и «собинной» пашни были примерно равны (Бояршинова, 1951).

Поскольку СЛ<sup>T</sup> в Северном Притомье обладают наибольшим баллом бонитета (Гончаренко, 1984), логично предположить, что именно эти почвы земледельцы осваивали в первую очередь. Так как использовалась экстенсивная переложная система земледелия, то уже к 50-м годам XVII века отмечается «выпаханность» полей, падение урожаев до величин даже менее двух сам (сам – старая крестьянская мера измерения урожайности, показывающая во сколько раз собранный урожай больше посеянного). В одной из воеводских записок 1642 г. указано, что выпашивание почв наступает спустя 10 лет с момента распашки (Бояршинова, 1951). Из сказанного следует, что первые залежные СЛ<sup>T</sup> появились в первой половине XVII века.

Основываясь на данных, представленных З.Я. Бояршиновой (1951), можно сделать вывод, что в 1626 году площадь государственной пашни составляла не более 300 гектаров. Учитывая десятилетний оборот, к этому моменту могло быть освоено до 400–500 гектаров. К середине XVII века площадь обрабатываемой земли государственного поля составляла не менее 369 гектаров. С учётом собинной (личной) запашки выходит более 740 гектаров. Из этого следует, что площадь залежей, учитывая, что через десять лет почвы выпашиваются, к середине XVII века могла достигать 1400–1900 гектаров.

К 60-м годам XVII века в результате распашки в сельскохозяйственный оборот могло быть вовлечено до 2500–3200 гектаров земель, принадлежавших государству и частным владельцам. Эта оценка основана на данных о запашке земель и на том факте, что пашни использовались в течение 10 лет, после чего забрасывались, вплоть до перехода к трёхпольному севообороту, из-за возникновения земельной тесноты к концу XVII века.

Согласно данным А.В. Гончаренко (1984), площадь СЛ<sup>T</sup> в районе Подгороднего и Спасского станов оценивается в 2500 га. Это значит, что к середине XVII века основная часть ареала СЛ<sup>T</sup> в плакорных условиях и на южных солнцепечных склонах могла пройти через распашку, если исходить из гипотезы, что именно эти почвы в первую очередь распахивались, как самые плодородные. В поддержку последнего тезиса выступает и то, что распашка начиналась с еланей (лесных полян) (Бояршинова, 1951), далее должны были использоваться разреженные леса. Елани и разреженные леса, преобладали ближе к Томи, так как там сосредоточено большинство археологических памятников (Зольников и др., 2020), население которых и создавало эти елани. Именно к долине Томи тяготеют СЛ<sup>T</sup> (см. рис. 1). Поэтому рассматриваемые почвы являются самыми старопашотными в исследуемом регионе. Возможно, падение урожайности на этих почвах вследствие их выпашивания и истощения не только побудило создавать государственные земледельческие станы к югу от Томска (участок вблизи устья р. Сосновка создан в 1656 году (Бояршинова, 1951)), но и земледельческие займки служилыми людьми по рекам Ушайка и Басандайка в ареалах серых лесных почв; например, деревня Протопопова была основана в 1653 г., а Аркашева – в 1675 г. (Чурсина, 2011).

**Особенности природопользования в ареале тёмно-серых лесных почв с XVIII по XX век.** В XVII веке население Томска во многом зависело от урожаев в пригородных станах (Подгородней, Спасский и др.). По мере формирования рынка зерна и расширения сети земледельческих поселений юго-востока Западной Сибири на протяжении трёх столетий вплоть до конца XIX века, наблюдалось уменьшение роли пашенного земледелия в экономике крестьянских хозяйств окрестностей Томска,



так как всё больше крестьян вовлекалось в городскую экономику, что особенно усилилось с приобретением Томском статуса административного центра Томской губернии (Кауфман, 1892). В случае снижения производства хлеба в окрестностях города, всё большую роль играли поставки из иных районов юго-востока Западной Сибири. Так, А.А. Чурсиной (2011) показано, что на протяжении XVIII века увеличение посевных площадей в Спасском и Подгороднем станах было незначительным, многие потомки служилых людей перестали обрабатывать землю, небольшой, стабильный рост посевных площадей отмечался только в некоторых сёлах.

Ситуация с распространением хлебопашества наглядно отражена на картах первой половины XIX века (рис. 2). Размеры заповедей и их количество было невелико, поэтому они на среднемасштабных картах правобережья Томи показаны в единичном числе. В конце XIX века интересующая нас территория охарактеризована А.А. Кауфманом (1892) как местность неземледельческого характера. Однако отметим, что под такую характеристику попала довольно обширная территория восточной части Томского округа с рядом почв от СЛ<sup>T</sup> до дерново-подзолистых; в её пределах как раз для ареала СЛ<sup>T</sup> была характерна наибольшая вовлеченность в распашку. Причиной незначительной роли хлебопашества в жизни крестьян этой местности было их активное участие в экономической жизни губернского центра – Томска. Крестьяне занимались огородничеством, молочным хозяйством, заготовкой сена и дров, имели дачные участки, занимались кустарными промыслами, извозом, наёмными работами и так далее. Например, в соседнем Чулымском районе средний размер посевной площади был вчетверо больше, чем в рассматриваемом нами (Кауфман, 1892).



Рисунок 2. Фрагмент карты Томского округа 1826 года: 1 – пашни; 2 – «хребты гор» (увалы).

Поля, некогда относившиеся к Подгороднему стану, более не использовались для возделывания. Вследствие этого, к началу XIX века на правом берегу реки Томи в окрестностях Томска сформировался массив берёзовых лесов, представляющий собой стадию постагрогенной сукцессии, в том числе и на тёмно-серых постагрогенных почвах. Состояние и ареал пригородных парковых берёзовых лесов были отражены на топографической карте, составленной в 1830-х годах XIX века (РГВИА. Ф.416).

Большинство этих лесов были поглощены городом в XX веке, однако часть из них сохраняется и до наших дней (Солнечная роща – берёзовая роща к северу от Томска-2 и в районе Областной клинической больницы, Потаповы лужки и массив между ул. Континентальная и Коларовский тракт).

Согласно упомянутой карте, постагрогенные леса в ареале СЛТ появились вблизи нескольких деревень (Батурино, Ипатово, Лучаново, Ярское и др.); они несли функцию покотины, часть из них трансформировалась в припоселковые кедровники. Следовательно, парковые березняки Северного Притомья в ареале СЛТ, описываемые, упоминаемые и обозначенные в письменных источниках, на исторических картах и фотографиях, за последние 200 лет сформировались практически полностью на старозалежных землях. Многие из этих березняков длительно-производные, что дало Г.В. Крылову (1953) основание относить эти леса к зональному типу растительности. К востоку от Томска парковые березняки сменяются смешанными лиственно-хвойными лесами, что отмечалось ещё в путевых описаниях Г.Ф. Миллера в XVIII веке.

Между городскими и припоселковыми лесами в ареале СЛТ в период второй половины XIX – начала XX века преобладали лесолуговые экосистемы и мелкоконтурные пашни, встречались небольшие берёзовые «колки». Судя по картам, территории выглядят в основном безлесными, причём, с 1855 по 1900 годы площадь лесов уменьшилась в основном из-за рубок дров для нужд города (рис. 3).



**Рисунок 3.** Структура землепользований в ареале тёмно-серых лесных типичных почв в междуречье Томи и Басандайки (между населёнными пунктами Аникино и Коларово) по историческим картам. Одна и та же местность с разницей в 50 лет: А – 1855 г., фрагмент геометрического специального плана села Спасского, той же волости, Томского уезда (из фондов ГААК); Б – 1900 г., фрагмент планшет земельных наделов села Спасского, Спасской волости, Томского уезда (из фондов ГААК).

На рассматриваемых почвах в конце XIX века господствовало хозяйство с залежами. Залежи использовали либо в роли покоса, либо в роли выгона, а чаще всего – последовательно в роли того и другого, либо наконец – в роли лесной заросли, которую пускали на дрова. На СЛТ залежи были в основном в форме покосов. Гораздо реже, на сенокосе после падения качества и количества заготавливаемого сена, давали вырасти лесу, который пускали на дрова, а после вновь распахивали. В пригородном районе значение молодых залежей как сенокосов может быть поставлено даже выше, чем как запахиваемой площади (Кауфман, 1892). Такое использование было выгодно по причине наличия близости рынков Томска, нуждавшегося как в сене, так и в дровах.

Относительно времени использования пашни А.А. Кауфман (1892) пишет, на примере деревни Федосеевой (ныне Богашево), что снимали до 10 хлебов. Где земли мало, эти почвы пахали без отдыха и удобрений, земли при этом продолжали давать весьма удовлетворительные урожаи. Залежи пахали после 15–30-летнего периода отдыха, снимали до 10, иногда и 15 хлебов; пахали на глубину 15–18 см.

В работе (Материалы..., 1899) отмечено, что в рассматриваемом районе берёза и осина разбросаны по степи рощами и колками. Описывая в конце XIX века Спасскую волость, где в междуречьях ведущим компонентом почвенного покрова являются СЛТ, А.А. Кауфман (1892) отмечал, что преобладает лиственный, а именно, по преимуществу берёзовый лес, и только на

участках с влажным грунтом он уступает место осине. Крестьянскую дачу деревни Вершининой он описывал как имеющую характер почти безлесной степи с отдельными куртинами и площадями берёзового леса. Н.И. Кузнецов (1915), характеризуя рассматриваемую нами местность, писал: «издали горизонт кажется сплошь лесистым, но на самом деле это отдельные разрозненные перелески с разбросанными между ними площадями пашен». В ареале СЛ<sup>Г</sup> им отмечены берёзовые колки, пашни и скошенные луга с характером трав не свойственным таёжным лесам.

В 1931 году, описывая растительность района, В.В. Ревердатто (1931, с. 90) писал: «ближе к долинам Томи и Яи черневая тайга переходит в парковые берёзовые леса на лесных суглинках и, главным образом, деградированных чернозёмах, вблизи этих рек. Травяной покров межлесных пространств относится к типу суходольных лугов с пышной, но *невысокотравной* (курсив авторов) растительностью. Травяной покров таких лугов сомкнутый и растения образуют сплошную дернину. Заметно обильное развитие злаков в ущерб зонтичным». Особенности растительности в Притомье в 20-е годы XX века хорошо отражены на картине В.О. Солодовникова «Осень» (рис. 4): увалы заняты молодым березняком, в понижениях между ними молодой осинник с единичными берёзами. Отметим, что несмотря на отсутствие упоминания сосны обыкновенной в составе лесов на СЛ<sup>Г</sup>, в тот период были леса, где после забрасывания пашни она зарастала берёзой и сосной. Таким, например, является сосняк разнотравный на залежных СЛ<sup>Г</sup> почвах в юго-восточной окраине припоселкового леса деревни Батурино. Нами установлен возраст сосен, достигающий 130–140 лет. В настоящее время в таких лесах роль сосны выше.



**Рисунок 4.** Пейзажи Притомья в начале XX века. Картина В.О. Солодовникова «Осень». 1920-е. ТОХМ.

В 1920-е годы М.И. Рожанец и С.Е. Рожанец-Кучеровская (1928) проводили исследования почв и растительности в окрестностях Томска. Для почв, которые можно классифицировать как тёмно-серые лесные, при описаниях упоминается следующая растительность: залежное поле, берёзовый лес, пашня, залежь, кедровник, молодой березняк, старая залежь, открытая поляна, плоская поляна,

травянистая растительность, высокая полянка, берёзовый колок, залежь-поляна, старая залежь, залежь-высокое место, ровная поляна, редкий березняк. Эти категории земель относятся к пашням, разновременным залежам и припоселковым лесам. Все берёзовые леса, изученные М.И. Рожанец и С.Е. Рожанец-Кучеровской (1928), имели возраст от 15 до 50 лет и были в той или иной степени разрежены рубками; травянистая растительность таких лесов по составу видов была аналогична лесным лугам. Высокотравные березняки ими описаны лишь в двух казенных берёзовых рощах, а также по низким местам. Однако нет уверенности, что в казенных рощах эти описания не были приурочены к глееватым почвам понижений. В целом же, они отмечали, что в наиболее суходольных условиях лесные луга задернованы, высота травостоя 70–100 см, обильно распространены злаки, в то время как зонтичные развиваются слабее.

Приведённые данные подтверждают слова Г.В. Крылова (1953), писавшего о парковых березняках: «эти парковые леса сильно изменены в своем составе благодаря выпасу скота, распашкам, палам и другим воздействиям человека». В связи со сказанным понятно, почему в ареале плакорных тёмно-серых лесных почв Притомья никем не описаны высокотравные леса. Высокотравье не выдерживает антропогенных нагрузок и даже при сенокосении сменяется за несколько лет на луга с преобладанием злаковых (Ронгинская, 1988). Травостой лесов на СЛ<sup>Т</sup> часто использовался как пастбище или покос, причем неумеренный выпас, особенно в пределах поскотины, приводил к изменению видового состава, постепенно уменьшая удельный вес поедаемых растений; широко, почти чистыми зарослями развивался папоротник орляк. Травостой на полянах и в лесу почти схож (Куминова, 1949).

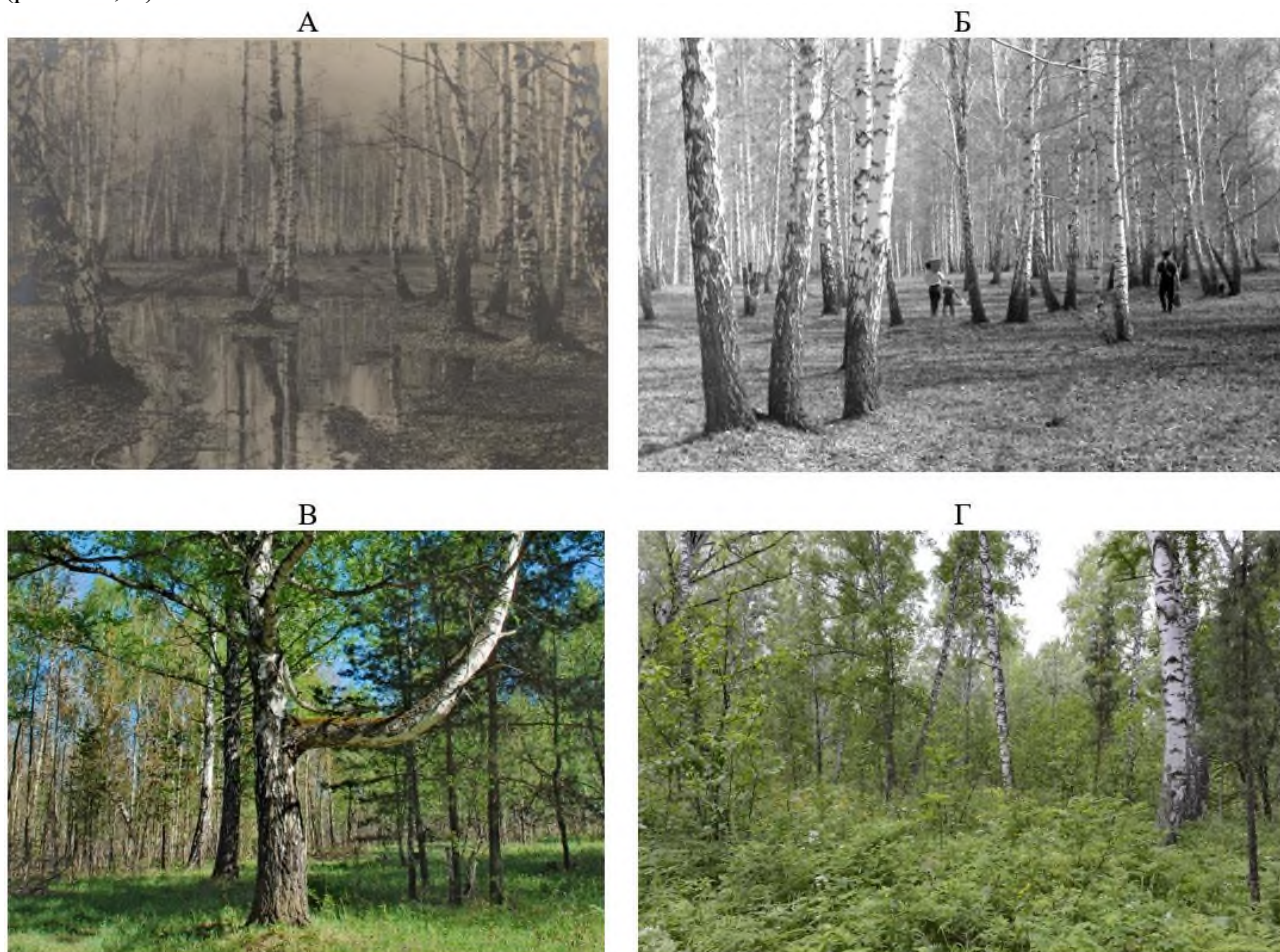
Весной эти разреженные леса часто были подвержены палам, в том числе и с целью улучшения качества покосов (Пожары ..., 1914). Пожары приводили к ограничению возобновления тёмнохвойных пород деревьев (Шумилова, 1962) и осины. Практика лесных покосов сохранялась вплоть до конца 80-х годов XX века, постепенно исчезая. А.А. Кауфман (1892) для Северного Притомья приводил следующие свидетельства: «в волостях подгороднего района, где сенокосение является самостоятельным и существенным источником благосостояния, выкашиваются не только чистые от леса сенокосные поляны, но и собственно лесные пространства, так что вплотную окашивается со всех сторон каждое дерево, каждый пенёк». Во второй половине XX века по мере индустриализации произошла вторая волна увеличения площади пашни, многие колочные леса, перелески, редины были сведены и объединены в сплошные поля (рис. 5). Этот период сопровождался усилением эрозионных процессов.



**Рисунок 5.** Поднятая целина на тёмно-серых лесных почвах. Кемеровская область, Юргинский район, 1963 г. Фото Л.И. Герасько.

Во второй половине XX века парковый облик сохранившихся лесов поддерживался частыми палами, сенокосением и заготовкой дров. В таких лесах осина была в качестве примеси в

понижениях, по северным склонам, вне ареалов СЛ<sup>Г</sup>, подлесок был разреженный. В последние десятилетия, по причине борьбы с травяными палами, изменения жизненного уклада городского и сельского населения, посадок сосны в последние 80 лет, окна между берёзами парковых лесов стали зарастать кустарниковым подлеском, осиной, подростом сосны, в травостой стали внедряться представители широколиственного подлеска, покрытие злаками снизилось; леса утрачивают свой парковый облик (рис. 6 В, Г).



**Рисунок 6.** Парковые березняки в окрестностях Томска в XX и XXI вв.: А – весна 1901–1906 гг. (Р.Г. Тюменцев, из архива ТОКМ); Б – весна 1967 г. (фото Павла Рыжова); В – весна 2010 г., парковый лес трансформирующийся в сомкнутый за счёт подроста осины и сосны (фото С.В Лойко); Г – бывший парковый березняк с развитым подлеском, подростом сосны и осины, лето 2019 г. (фото С.В. Лойко).

**Длительно-лесная экосистема в ареале тёмно-серых лесных почв.** Поиск длительно-лесной экосистемы проводили как путём анализа космических снимков и исторических карт территории Северного Притомья, так и путём изучения письменных источников, согласно выдвинутой гипотезе. Однако было найдено одно единственное описание высокотравного леса для плакора с тёмно-серыми лесными почвами (Рожанец, Рожанец-Кучеровская, 1928) в казенной берёзовой роще окрестностей с. Родионово. В этой роще доминировали борщевик рассеченный, реброплодник уральский и купырь лесной с примесью борца северного, бора развесистого и живокости высокой; осина не описана. В настоящее время этот лес не существует.

Анализ картографических источников дал лучший результат: был найден лесной массив на междуречье Шумихи, Томи и приустьевой части реки Сосновка (рис. 7, 8). Этот лес не использовался в качестве сельскохозяйственного угодья по причине его экономически невыгодного расположения относительно населённых пунктов. От ближайшей деревни Усть-Сосновка он отделён рекой, брод через которую в посевной период труднопреодолим, а от деревень, расположенных с севера, отделён несколькими глубокими долинами. Данное междуречье в XX веке находилось вблизи границы

Томской и Кемеровской областей, а в начале XX и на протяжении XIX веков было на границе Ояшинской и Тутальской волостей. Этим можно объяснить общую заброшенность территории.



**Рисунок 7.** Фрагменты исторических карт разной датировки с исследуемым лесным наделом: А – 1771 г.; Б – 1798 г.; В – 1840 г.; Г – 1907 г. (ЛН – лесной надел); Д – 1962 г. (ГЛФ – государственный лесной фонд); Е – космоснимок 1964 г. (CORONA); Ж – карта 1988 г. Стрелками показан участок с длительно-лесным угодьем.



**Рисунок 8.** Общий вид на междуречье рек Сосновка и Шумиха в месте проведения исследований. Фото Г.И. Истигечева.

Выявленный лесной массив, в отличие от практически всех остальных на этой территории, не использовался в качестве покотины, так как непосредственно не граничил ни с каким населённым пунктом. Ещё одной примечательной особенностью данного выявленного лесного массива является расположенный в его северной части курганный могильник Шумиха, где описано 30 курганов (Труды Кузбасской ..., 2004). Время возникновения могильника относится к средневековью; очевидно, что в то время терраса Томи была безлесной. Возможно, в связи с ритуальным характером этого места оно с момента сооружения более не использовалось и зарастало лесом, а для русского населения в период освоения данной местности наличие курганов служило дополнительной причиной не вести в данном месте хозяйственную деятельность.

Проведённые полевые исследования в этой длительно-лесной экосистеме показали, что она полностью удовлетворяет выдвинутой гипотезе и представлена осинником высокотравным, произрастающим на микросочетании тёмно-серых почв микроповышений и тёмногумусовых подбелов замкнутых понижений. Глубина вскипания почв микроводоразделов составляет 115–140 см. Ранее такие почвы назывались деградированным чернозёмом и на них описывались лишь парковые берёзовые и сосново-берёзовые леса, открытые луговые участки (Рожанец, Рожанец-Кучеровская, 1928). Н.И. Кузнецов (1915), работавший в 6 км севернее обнаруженного лесного массива, упомянул наличие примеси осины к сосне и берёзе лишь в припоселковом лесу у с. Ярского. В этом лесу преобладают серые и тёмно-серые лесные почвы.

В рассматриваемом лесу сомкнутость древостоя осинника около 0,6–0,7 единиц, высота до 25 м. Формула леса – 9Ос1Б. В подросте осина, спорадически встречается кедр. В подлеске группами произрастают карагана кустарниковая, черёмуха обыкновенная, калина обыкновенная, смородина колосистая, рябина обыкновенная, жимолость обыкновенная, спирея средняя, бузина сибирская. На кустарниках часто вьётся хмель. Травостой в окнах достигает высоты 1,5–2 м, под пологом высота его 70–80 см. В травостое встречаются виды: борец северный, пион уклоняющийся, живокость высокая, скерда сибирская, борщевик рассеченный, недоселка копьевидная, бодяк разнолистный, бор развесистый, сныть обыкновенная, страусник обыкновенный, орляк обыкновенный, крапива двудомная, яснотка белая, осока большехвостая и др. Мхи распространены в виде латок по валежу, имеют покрытие не более 5% (встречены ритидиладельфус, плагиомниум, мниум и др.).

В мае основными цветущими видами являются эфемероиды с проективным покрытием 10–20%. Встречаются: кандык сибирский, медуница мягкая, ветреница, хохлатка и другие (рис. 9). В

ближайшем берёзово-осиновом лесу, имеющем сельскохозяйственную историю, такого аспекта эфемероидов не обнаружено. Состав и проективное покрытие эфемероидов в данном лесу роднит его с северным ареалом черневой тайги, а также подтаёжными осинниками на серых глееватых почвах долин с натечным увлажнением, либо северных длинных склонов долин, в которых длительный период времени отсутствовали сенокосение и выпас, либо на дерново-подзолистых суглинистых почвах, подстилаемых песчано-гравелистыми отложениями.



**Рисунок 9.** Эфемероидный покров выявленной длительно-лесной экосистемы. Фото Г.И. Истигечева.

Структура рассматриваемой экосистемы соответствует части критериев, отвечающих длительно-лесной истории: разновозрастный древостой; оконная мозаичность, связанная с усохшими группами осин; групповое расположение кустарников разных видов; произрастающие в окнах высокотравные виды; разновозрастные ветровальные почвенные комплексы и валеж; высокая синузильность травостоя; высокая встречаемость пионов; большое количество синузид хмеля (рис. 10 А). Отсутствие полноценного возобновления темнохвойных пород связано с отсутствием таковых лесов в ближайших окрестностях, то есть сообщество существует в состоянии диаспорического субклимакса, когда осина сменяется осинкой. У отдельных особей трав имеются признаки гигантизма (рис. 10 Б). Верхняя часть гумусовых горизонтов почв имеет плотность 0,6–0,7 г/см<sup>3</sup>, что является минимально возможной величиной для СЛТ и отражает высокую активность почвенной мезо- и макрофауны.

А



Б



**Рисунок 10.** Растительность длительно-лесной экосистемы: А – рассматриваемый длительно-лесной осинник высокотравный; Б – пример гигантизма у недоспелки копьевидной. Фото С.В. Лойко.



Главной особенностью выявленного леса является доминирование осины в древостое, несмотря на то что это одно из самых дренируемых плакорных местоположений с тёмно-серой лесной почвой без каких-либо признаков глееватости. Во всех литературных источниках для таких дренированных плакоров Притомья и Кузнецкой котловины с СЛ<sup>T</sup> описываются ассоциации *Calamagrostio arundinaceae–Betuletum pendulae* (Ермаков, 2003), либо берёзовые леса с ежой и коротконожкой (Лапшина, 1963). В работе М.И. Рожанец и С.Е. Рожанец-Кучеровской (1928) для выщелоченных и деградированных чернозёмов Притомья, название которых синонимично СЛ<sup>T</sup>, в качестве растительности описываются разреженные и парковые берёзовые леса, а также безлесные луговые поляны. В работе П.П. Полякова (1934), для географически аналогичных ландшафтов предгорного пояса Предсалаирья, в большинстве описаний, даже для мест с дополнительным притоком влаги, упоминаются разреженные (парковые) берёзовые леса, осина встречается лишь в примеси. В своей работе Л.В. Шумилова (1962) отмечала, что леса формации *Betula verrucosa* носят парковый характер и представляют слабо сомкнутые насаждения из высокоствольных деревьев с хорошо развитыми кронами; на сырых местах в них много осины, подлесок почти отсутствует. В сводке по растительности Кемеровской области А.В. Куминовой (1949) для Инско-Томского лесостепного района, к которому относится рассматриваемый лесной массив, для ареала СЛ<sup>T</sup> и деградированных чернозёмов указывается, что сколько-нибудь сомкнутых лесных массивов не встречается: насаждения имеют парковый облик, чаще же среди открытых пространств встречаются «колки берёз с осинами в западинах». Густые участки лесов, составленные крупными деревьями, встречаются в непосредственной близости от деревень, охраняемые в качестве «заповедных дубрав». По всей видимости, наш лесной массив входил в эту категорию земель, однако не формировался на залежах, как большинство «заповедных дубрав».

Часто встречается мнение, что осина лучше произрастает на плодородных влажных почвах (Демиденко, 1978). Осину предгорных лесов Салаира (что соответствует подтаёжной зоне) Н.Н. Лашинский (2009) характеризует как практически постоянный компонент колочных берёзовых лесов и доминант вторичных лесов на месте рубок в сосняках. В ландшафтах с распространением лесов ассоциации *Calamagrostio arundinaceae–Betuletum pendulae* осиновые и берёзово-осиновые леса обычно появляются во влажных геотопах нижних секторов катен (Лашинский и др., 2011), в то время как рассматриваемая нами лесная экосистема занимает самую верхнюю позицию катены. Выявленный лес значительно отличается от этих сообществ не только доминированием в древостое осины, но и наличием ряда доминантов в травянистом ярусе, не указанных в перечне постоянных и доминирующих видов ассоциации. В работе Н.Н. Лашинского с соавторами (2011) отмечается, что для лесов этой ассоциации хорошо выражена злаковая основа, представленная сочетанием лесных и луговых злаков. Этот признак также не характерен для выявленного леса.

Высота осины в подтайге 16–18 м и диаметр не более 30–36 см. В черневой тайге габитус осинников, как указывает Н.Н. Лашинский (2009), сильно меняется. Высота возрастает до 28 м, диаметр до 100–110 см. Рассматриваемый лес по габитусу занимает промежуточное положение. Важной особенностью пространственной структуры осиновых древостоев в сообществах черневой тайги является произрастание корнеотпрысковых особей в виде отдельных клонов площадью до сотен квадратных метров, которые нередко различаются между собой формой и цветом листьев, цветом и трещиноватостью коры, временем распускания листьев и т.п. (Лашинский, 2009). Так как черневая тайга никогда не испытывала элиминирующих осину сельскохозяйственных воздействий, такая пространственная клоновая структура является ещё одним признаком длительно-лесного сообщества. Структура размещения осины в рассматриваемом нами лесном массиве соответствует этому критерию (см. рис. 8, видны клоны, имеющие осенью разный цвет листвы).

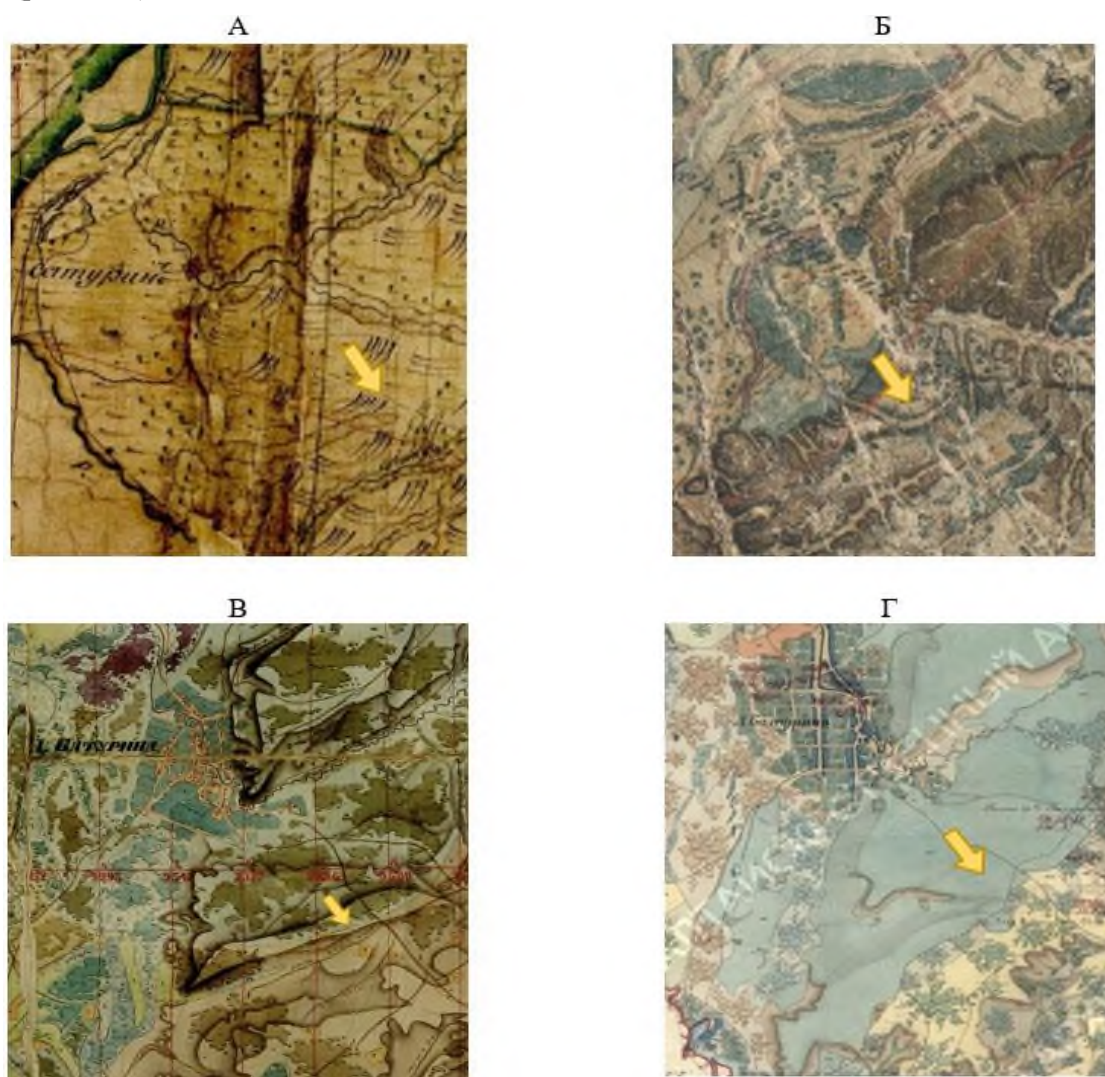
В двух почвенных разрезах на микроводоразделах встречены крупные угли кедров на глубине 5–8 см. Характер расположения углей, выдержанный в пространстве, и их хорошая сохранность позволяют в качестве гипотезы предположить эпизодическое вовлечение участков данного лесного массива в земледелие через подсечно-огневую систему; или в самом начале возникновения в устье Сосновки русских заимок, информацию о которых сообщает З.Я. Бояршинова (1951); либо коренным населением в более ранние периоды времени. Иных признаков распашки в почвах изученного лесного массива не обнаружено.

Проведенное первичное описание экосистемы показывает, что этот лес долгое время развивается без элиминирующих экзогенных воздействий, приводящих к полному или частичному отчуждению биомассы, таких как выпас скота, сенокошение, распашка, сплошные вырубki, и имеет черты черневой тайги. Данный уникальный лесной массив демонстрирует потенциальный результат эндогенной сукцессии на СЛ<sup>T</sup> плакоров Притомья. Особенностью этой сукцессии, в отсутствии

достаточного потока семян темнохвойных видов, является приобретение осиной свойств позднесукцессионного вида по отношению к сосне и берёзе. Это согласуется с мнением П.П. Полякова (1934), который для близко расположенного Салаирского кряжа рассматривал осину в качестве коренного эдификатора леса.

В данном лесном массиве присутствуют основные формы микрорельефа: микроводоразделы, западины и ложбины. В прошлом здесь не велось пахотное земледелие и этот массив имеет длительную лесную историю. Эти факторы позволяют использовать формирующиеся здесь почвы в качестве эталонных лесных для сравнительно-историко-географических исследований, направленных на оценку влияния землепользования на почвы, при использовании метода замены пространственного ряда данных временным рядом.

**Постагрогенные серийные сообщества в ареале тёмно-серых лесных почв.** Для оценки трансформации почв в рядах серийных постагрогенных сообществ с использованием карт найдены участки разновозрастных залежей, в пределах которых имеются несколько форм микрорельефа. Так, у села Батурино (КУ «БАТ», см. рис. 1) с помощью разновозрастных карт выявлена залежь возрастом более 120 лет (рис. 11). Полевые работы позволили уточнить её возраст диапазоном 135–140 лет путём определения возраста самых старых особей сосны обыкновенной. Морфогенетический анализ трёх почвенных профилей подтвердил картографические данные – глубина распашки составляла 15–17 см. Строение некоторых профилей указывает на то, что использовалось земледельческое орудие, которое отваливало пласт земли; скорее, применялась сибирская соха-«колесуха», так как плуг был мало распространён. Современное сообщество представлено сосняком разнотравным с примесью берёзы (рис. 12 А).



**Рисунок 11.** Залежные земли возрастом 130–140 лет вблизи с. Батурино на исторических картах: А – 1815 г.; Б – 1840-е гг.; В – 1859 г.; Г – 1900 г. Стрелкой указан ключевой участок «БАТ».

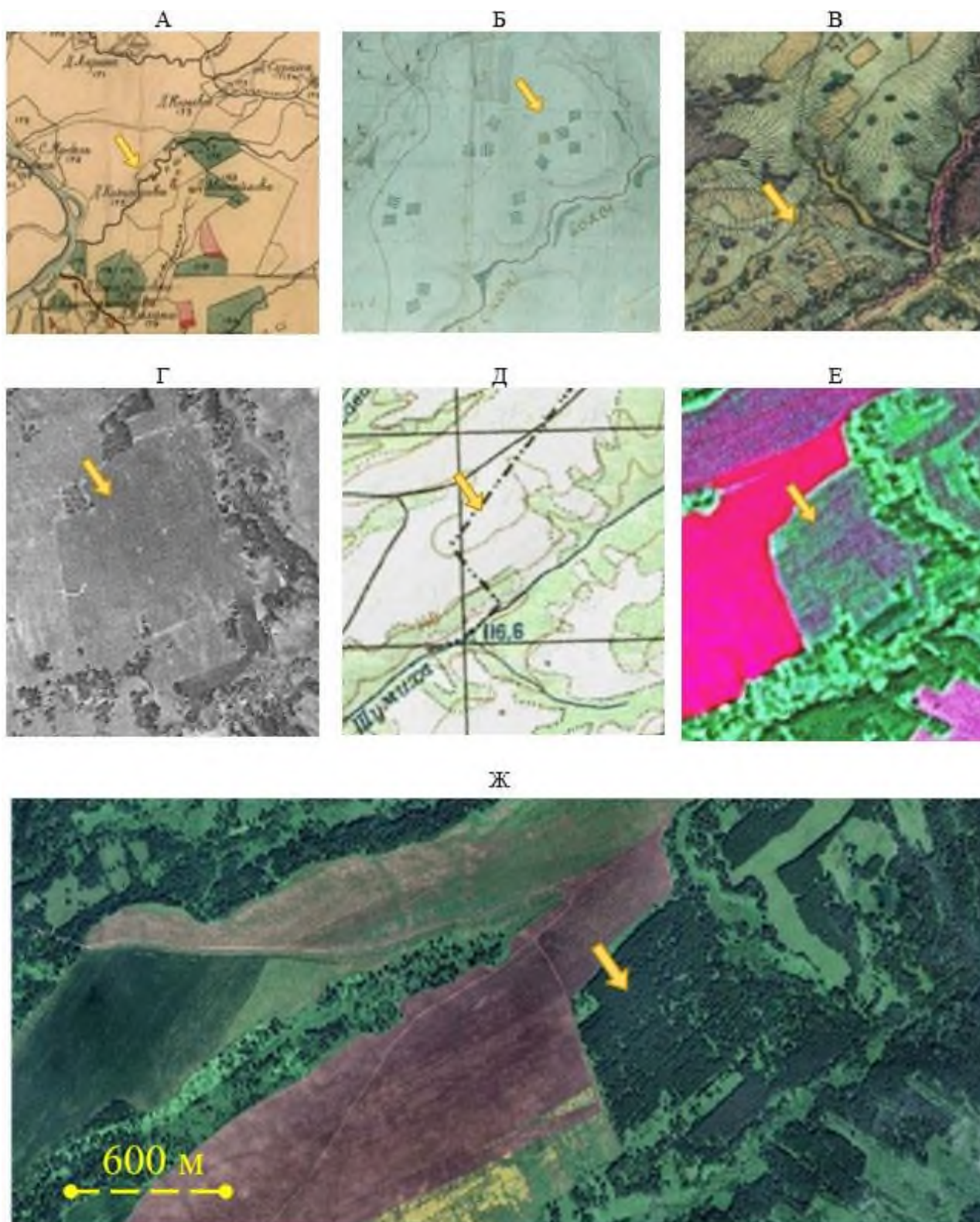


**Рисунок 12.** Серийная растительность в ареале тёмно-серых лесных типичных почв плакоров (пространство между реками Сосновка и Тугояковка): А – сосняк разнотравный 130–140-летней залежи; Б – березняк 25-летней залежи; В – березняк 16-летней залежи. Фото С.В. Лойко.

Согласно карте 1815 года на плакорном выровненном ключевом участке «БАТ» уже существовали пашни, прилегали они к склонам балки, расположенной южнее. Севернее выявленного плакора к бровке коренного склона Томи прилегает сложный террасированный склон северо-западной экспозиции долины Томи. В его пределах на этой карте обозначены пашни, скорее всего, приуроченные к оползневым псевдотеррасам этого склона. Согласно двум картам, созданным ближе к середине XIX века (см. рис. 11 Б, В), в пределах плакора и на прилегающих склонах ещё существуют пашни, имеются луга и лесные лиственные куртины. В начале XX века плакорный участок вошёл в поскотину села Батурино и начал зарастать лесом, преимущественно лиственным. По всей видимости, выпас скота и заготовка дров привели к тому, что берёзы практически не сохранились и сформировался сосновый лес.

В настоящее время в лесу имеются крупные поляны, часть которых связана с последующими вырубками, а часть могла быть унаследована от этапа зарастания. В этом лесном массиве, западнее автомобильной дороги, уже несколько десятилетий не было масштабных низовых пожаров и выпас скота здесь давно прекращён. В результате в лесу начинает появляться подрост пихты, ели и кедра, а подлесок активно разрастается, образуя густые заросли кустарников (см. рис. 12 А).

Постагрогенное серийное сообщество возрастом 25–30 лет обнаружено неподалёку от д. Косогорова (КУ «КОС»). На рисунке 13 представлена серия одновременных карт и космических снимков, демонстрирующих особенности землепользований на этом участке в последние столетия.



**Рисунок 13.** Фрагменты карт и космических снимков с указанием расположения 25–30 летней залежи (ключевой участок «КОС» показан стрелкой): А – 1783 г.; Б – 1828 г.; В – 1840-х гг. съёмки; Г – 1964 г. (снимок CORONA); Д – 1990 г.; Е – 2000 г. (снимок Landsat); Ж – 2021 г. (снимок из Google Earth).

Непосредственно с севера и запада к этой залежи прилегает пашня, что делает эту точку удобной для организации исследований. Как на пашне, так и на этой залежи распространены СЛГ. Залежь простирается от междулучной слабонаклонной равнины до надпойменной террасы малой

реки Шумиха. В пределах залежи и прилегающих пашен имеются как выпуклые, так и вогнутые формы микрорельефа, такие как микроводоразделы, потяжины, ложбины. Растительность представлена злаково-разнотравным березняком (рис. 12 Б). Большим плюсом данного участка является непосредственный контакт пашни и залежи, что минимизирует влияние пространственного фактора на варьирование свойств почв. Из-за расположения залежи как на междуречье, так и склоне долины Шумихи, можно подобрать пары сравнения для всех форм как микро-, так и мезорельефа.

История формирования границы рассматриваемой залежи берёт своё начало в XVIII веке, когда она представляла собой внешнюю границу земельного надела крестьян деревни Косогорова (рис. см. 13 А). В дальнейшем, на картах 1828 и 1840-х годов, данная граница уже не прослеживается, но видно, что местность была распахана и лишена сплошного лесного покрова (см. рис. 13 Б, В). В XIX веке и начале XX века эта граница определённое время была волостной.

Позже, после образования Томской области, Косогорова и его земли перешли в состав Кемеровской области. Граница видна на космическом снимке 1964 года (см. рис. 13 Г) и на всех картах, где показана граница Кемеровской и Томской областей (см. рис. 13 Д). К началу XXI века участок поля со стороны Кемеровской области по экономико-логистическим и управленческим причинам был заброшен и на нем сформировалась залежь.

На этом примере наглядно видно, как одна и та же граница землепользований может сохраняться на протяжении столетий. В связи с этим, становится очевидно, что сравнение угодий по одному фактору (времени) при прочих равных условиях может быть затруднено, поскольку временной фактор может оказаться более длительным. Однако, несмотря на это, для изучения изменения динамических почвенных параметров, выявленные угодья подходят.

В непосредственной близости от долголетней лесной экосистемы, расположенной на территории КУ «УС» (см. рис. 1, 8), сформировалось постагрогенное сообщество, возраст которого составляет примерно 15 лет. Данное сообщество представлено осиново-берёзовым и берёзовым разнотравным лесом с постагрогенными луговыми полянами. Залежь образовалась после того, как около 2010 года были заброшены поля; практически сразу после этого она начала зарастать лесом. Однако в восточной части поля некоторое время продолжали проводить скашивание травы и устраивали травяные палы; из-за этого экосистема задержалась на луговой стадии развития.

В результате проведения историко-экологических, картографических и рекогносцировочно-полевых исследований были выявлены несколько серийных экосистем, принадлежащих к одному почвенному типу, в условиях подтайги Северного Притомья. Даже на территории, которая была освоена несколько столетий назад, удалось обнаружить целинный вариант тёмно-серой лесной типичной почвы, которая не подвергалась воздействию пашенного земледелия. Выбранные ключевые участки предоставляют возможность для проведения исследований в рамках элементарных почвенных структур, таких как микросопрежения почв в пределах катен по микрорельефу. Дальнейшие исследования почв в выявленном сукцессионном ряду позволят оценить степень агрогенной трансформации наиболее плодородных почв региона за несколько столетий.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ареал тёмно-серых лесных почв в Северном Притомье и на юго-востоке Западной Сибири представляет собой регион с богатой историей земледелия. Освоение этой территории началось с создания Томской крепости, вокруг которой появились первые государевы пашни и участки, обрабатываемые служилыми людьми. К середине XVII века в исторических документах зафиксировано снижение плодородия этих почв и появление залежей. В XIX веке вблизи населённых пунктов сформировались припоселковые и городские леса, поэтому можно предположить, что в будущем могут быть найдены залежи XVIII века.

В результате проведённой работы обнаружен ареал непаханных тёмно-серых лесных типичных почв, что было обосновано с использованием экосистемных признаков и картографических источников. Полученные результаты формируют основу для исследования степени трансформации почв в результате столетних агрогенных воздействий, что может стать теоретической основой для принятия решений о дальнейшей судьбе залежных земель в Притомье.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны Александру Борисовичу Захарову за помощь в поиске исторических картографических материалов.

## ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ) в рамках научного проекта № 24-27-00417.

#### ЛИТЕРАТУРА

Агаркова Ю.В. Исчезновение леса Сибири // Сельские территории: проблемы и перспективы устойчивого развития: материалы Международной научно-практической конференции (Тара, 22 ноября 2017 г.). Тара: Издательство ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2017. С. 132–137.

Адамов А.А. Земледелие в эпоху Средневековья у народов Западной Сибири (обзор источников) // Вестник Тюменского государственного университета. Серия: Гуманитарные исследования. Humanitates. 2018. Том. 4. № 2. С. 152–173. <https://doi.org/10.21684/2411-197X-2018-4-2-152-173>

Барсуков Е.В., Чёрная М.П. Проблемы и перспективы изучения истории освоения долины р. Порос в Томь-Обском междуречье в XVII–XVIII вв.: источники и методы // Уральский исторический вестник. 2020. Том 67. № 2. С. 52–60. [https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-2\(67\)-52-60](https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-2(67)-52-60)

Бояршинова З.Я. К вопросу о развитии русского земледелия в Томском уезде в XVII веке // Вопросы географии Сибири. Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 1951. Том 2. С. 95–140.

Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. Книга 1. Москва: Наука, 2004. 479 с.

Гончаренко А.В. Почвы Томского ОПХ как объект внутрхозяйственной бонитировки // География, плодородие, бонитировка почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. С. 129–144.

Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). Москва: Издательство Академии наук СССР, 1955. 592 с.

Демиденко В.П. Осинники Среднего Приобья. Новосибирск: Наука, 1978. 160 с.

Енчилик П.Р., Клинк Г.В., Пеунова А.А., Прилипова Е.С., Сергеева Е.А., Соболев Н.С., Семенов И.Н. Постагрогенная динамика рН, электропроводности и окислительно-восстановительного потенциала в почвах различного гранулометрического состава национального парка "Смоленское Поозерье" (Россия) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2023. № 64. С. 6–29. <https://doi.org/10.17223/19988591/64/1>

Ермаков Н.Б. Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Гемибореальные леса. Классификация и ординация. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. 232 с.

Зольников И.Д., Никулина А.В., Павленок К.К., Выборнов А.В., Постнов А.В., Бычков Д.А., Глушкова Н.В. Закономерности пространственного расположения археологических объектов на территории Томской области // Российская археология. 2020. № 1. С. 22–31. <https://doi.org/10.31857/S086960630008251-5>

Кауфман А.А. Экономический быт государственных крестьян восточной части Томского округа и северо-западной части Мариинского округа Томской губернии // Материалы для изучения экономического быта государственных крестьян и инородцев Западной Сибири. Санкт-Петербург, 1892. Том 1. Вып. 14. 519 с.

Крылов Г.В. Березовые леса Томской области и их типы. Новосибирск: Академия наук СССР Зап. Сиб. Филиал, 1953. 123 с.

Кузнецов Н.И. Материалы по исследованию почв и растительности в средней части Томской губернии. Петроград: Типография А.Э. Коллинс, 1915. 248 с.

Куминова А.В. Растительность Кемеровской области. Новосибирск: Академия наук СССР, 1949. 167 с.

Курганова И.Н., Телеснина В.М., Лопес де Гереню В.О., Личко В.И., Караванова Е.И. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2021. № 3. С. 287–303. <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030102>

Лапшина Е.И. Берёзовые леса лесостепи юго-востока Западной Сибири // Растительность степной и лесостепной зон Западной Сибири (Новосибирская область и Алтайский край); Отв. ред. А.В. Куминова. Новосибирск: Издательство СО АН СССР, 1963. С. 103–130.

Лашинский Н.Н. Растительность Салаирского кряжа. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2009. 263 с.

Лашинский Н.Н., Макунина Н.И., Гуляева А.Ф. Структура растительного покрова древних террас реки Томь в центральной части Кузнецкой котловины // Растительный мир Азиатской России. 2011. № 1. С. 55–65. URL: <https://www.sibran.ru/upload/iblock/8d1/8d1aa9097dca63f2125fce68945d810b.pdf> (дата обращения: 16.04.2024).

- Лойко С.В., Гераско Л.И., Кулижский С.П., Амелин И.И., Истигечев Г.И. Строеие почвенного покрова северной части ареала черневой тайги юго-востока Западной Сибири // Почвоведение. 2015. № 4. С. 410–423. <https://doi.org/10.7868/S0032180X15040061>
- Лойко С.В., Кузьмина Д.М., Дудко А.А., Константинов А.О., Васильева Ю.А., Курасова А.О., Лим А.Г., Кулижский С.П. Древесные угли в подзолах средней тайги Западной Сибири как индикатор истории геосистем // Почвоведение. 2022. № 2. С. 176–192. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22020083>
- 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. 415 с.
- Материалы по исследованию почв Алтайского округа / сост.: И.П. Выдрин, З.И. Ростовский. Барнаул: Типолитография при Главном управлении Алтайского округа, 1899. 171 с.
- Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. с215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Пожары и наличность противопожарных средств в сельской части Томской губернии / Материалы пожарной переписи за 1913 год, собранные и разработанные под руководством В.Я. Нагнибеда. Томск, 1914. 161 с.
- Поляков П.П. Ботанико-географические очерки Кузнецкой котловины, Салаира и Западной Предсалаирской полосы // Материалы Кузнецко-Барнаульской почвенной экспедиции 1931 г. Часть 1. Серия Сибирь. № 13. Ленинград: Издательство Академии наук. 1934. 63 с.
- Почвенная карта Томского района Томской области. Масштаб 1:100000. Томск: Томскгипрозем, 1989.
- РГВИА. Ф.416. «Карты бывшей Российской империи». Оп. 9. Дело 554. Карта юго-восточной части Томского округа. Инструментальная съёмка под руководством полковника Сильвергельма. 10 л. рукоп. в красках. Масштаб 1:84000. /91905/.
- Ревердатто В.В. Растительность Сибирского края (Опыт дробного районирования) // Известия Российского географического общества. 1931. Том 16. № 1. С. 43–70.
- Рожанец М.И., Рожанец-Кучеровская С.Е. Почвы и растительность окрестностей г. Томска: с картой почв и растительности // Известия Томского государственного университета. 1928. С. 315–405. URL: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-22444/> (дата обращения 23.05.2024).
- Ронгинская А.В. Динамические процессы в луговых фитоценозах: на примере лугов Салаирского кряжа. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1988. 157 с.
- Рыжова И.М., Телеснина В.М., Ситникова А.А. Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления // Почвоведение. 2020. № 2. С. 230–243. <https://doi.org/10.31857/S0032180X20020100>
- Рябогина Н.Е., Иванов С.Н. Древнее земледелие в Западной Сибири: проблемы аргументации, палеознотботанические методы и анализ фактов // Археология, антропология и этнография Евразии. 2011. Том 48. № 4. С. 96–106.
- Смирнова О.В. Методологические подходы и методы оценки климаксового и сукцессионного состояния лесных экосистем // Лесоведение. 2004. № 3. С. 15–27.
- Смирнова О.В., Луговая Д.Л., Проказина Т.С. Модельная реконструкция восстановленного лесного покрова таежных лесов // Успехи современной биологии. 2013. Том 133. № 2. С. 152–165.
- Строгий А.А. Истребление лесов в Сибири и необходимость сибирского лесоохранительного закона: Доклад Всероссийскому съезду лесовладельцев и лесохозяев. Санкт-Петербург, 1911. 23 с.
- 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. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17120115>
- Труды Кузбасской комплексной экспедиции / Кемеровский государственный университет, Институт угля и углехимии СО РАН, Администрация Кемеровской области, Кузбасский ботанический сад ЦСБС СО РАН, Российская академия естественных наук. Том 1. Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2004. 795 с.
- Урусевская И.С., Алябина И.О., Шоба С.А. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации: масштаб 1: 8 000 000, пояснительный текст и легенда к карте. Москва: МАКС Пресс, 2020. 98 с.
- Хмелев В.А., Панфилов В.П., Дюкарев А.Г. Генезис и физические свойства текстурно-дифференцированных почв. Новосибирск: Наука, 1988. 127 с.

- Чагин Г.Н. Адаптация к природной среде и традиционная культура русского населения верховьев Печоры и Колвы в XIX – первой четверти XX вв. // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2017а. Том 2. № 2. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2017-2-4>
- Чагин Г.Н. Природная среда в исторической памяти народов Пермского края в XIX–XXI веках // Антропогенная трансформация природной среды. 2017б. № 3. С. 22–24.
- Чурсина А.А. Хозяйственное освоение Томского уезда служилыми людьми в XVIII веке // Вестник Томского государственного университета. История. 2011. № 3 (15). С. 70–75.
- Шопина О.В., Гераскина А.П., Кузнецова А.И., Тихонова Е.В., Титовец А.В., Бавшин И.М., Хохлаков В.Р., Семенов И.Н. Стадии постагрогенного восстановления компонентов экосистем сосновых лесов национального парка “Смоленское Поозерье” // Почвоведение. 2023. № 1. С. 10–24. <https://doi.org/10.31857/S0032180X22600706>
- Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири. Томск: Издательство Томского университета, 1962. 439 с.
- Aleinikov A. The Fire History in Pine Forests of the Plain Area in the Pechora-Ilych Nature Biosphere Reserve (Russia) before 1942: Possible Anthropogenic Causes and Long-Term Effects // Nature Conservation Research. 2019. No. 4. P. 21–34. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.033>
- Arkhipova M.V. Variation in Forest Area on the Central Russian Upland within the Last 250 Years // Contemporary Problems of Ecology. 2015. Vol. 8. No. 7. P. 830–837. <https://doi.org/10.1134/S1995425515070021>
- Henebry G. Carbon in Idle Croplands // Nature. 2009. Vol. 457. P. 1089–1090. <https://doi.org/10.1038/4571089a>
- Henttonen H.M., Nöjd P., Suvanto S., Heikkinen J., Mäkinen H. Size-Class Structure of the Forests of Finland during 1921–2013: A Recovery from Centuries of Exploitation, Guided by Forest Policies // European Journal of Forest Research. 2020. Vol. 139. P. 279–293. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01241-y>
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Giani L. Dynamics of Carbon Pools in Post-Agrogenic Sandy Soils of Southern Taiga of Russia // Carbon Balance and Management. 2010. Vol. 5. No. 1. P. 9. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-5-1>
- Nguyen H., Hölzel N., Völker A., Kamp J. Patterns and Determinants of Post-Soviet Cropland Abandonment in the Western Siberian Grain Belt // Remote Sensing. 2018. Vol. 10. P. 1973–1990. <https://doi.org/10.3390/rs10121973>
- Poepplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Wesemael B., Schumacher J., Gensior A. Temporal Dynamics of Soil Organic Carbon after Land-Use Change in the Temperate Zone-Carbon Response Functions as a Model Approach // Global Change Biology. 2011. Vol. 17. P. 2415–2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>
- Post W.M., Kwon K.C. Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and Potential // Global Change Biology. 2000. Vol. 6. P. 317–327. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>
- Rautiainen A., Virtanen T., Kauppi P.E. Land Cover Change on the Isthmus of Karelia 1939–2005: Agricultural Abandonment and Natural Succession // Environmental Science and Policy. 2016. Vol. 55. P. 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.011>
- Rolinski S., Prishchepov A.V., Guggenberger G., Bischoff N., Kurganova I., Schierhorn F., Müller D., Müller C. Dynamics of Soil Organic Carbon in the Steppes of Russia and Kazakhstan under Past and Future Climate and Land Use // Regional Environmental Change. 2021. Vol. 21. P. 73. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01799-7>
- Ryabogina N.E., Nesterova, M.I., Utaygulova, R.R., Trubitsyna, E.D. Forest fires in southwest Western Siberia: the impact of climate and economic transitions over 9000 years // Journal of Quaternary Science. 2024. Vol. 39. P. 432–442. <https://doi.org/10.1002/jqs.3593>
- Schierhorn F., Müller D., Beringer T., Prishchepov A.V., Kuemmerle T., Balmann A. Post-Soviet Cropland Abandonment and Carbon Sequestration in European Russia, Ukraine, and Belarus // Global Biogeochemical Cycles. 2013. Vol. 27. No. 4. P. 1175–1185. <https://doi.org/10.1002/2013GB004654>
- Smirnova O.V., Bobrovsky M., Khanina L., Zaugolnova L.B., Shirokov A., Lugovaya D.L., Korotkov V.N., Spirin V., Samokhina T.Y., Zaprudina M.V. Hemiboreal Forests // European Russian Forests: Their Current State and Features of Their History. Plant and Vegetation. The Netherlands, Dordrecht: Springer, 2017. P. 59–204. [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1172-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1172-0_4)
- Terekhin E.A., Chendev Y.G. Satellite-Derived Spatiotemporal Variations of Forest Cover in Southern Forest–Steppe, Central Russian Upland // Contemporary Problems of Ecology 2019. Vol 12. No. 7. P. 780–786. <https://doi.org/10.1134/S1995425519070102>
- Tikkanen O.P., Chernyakova I.A. Past Human Population History Affects Current Forest Landscape Structure of Vodlozero National Park, Northwest Russia // Silva Fennica. 2014. Vol. 48. No. 4. P. 17. <https://doi.org/10.14214/sf.1207>



Wertebach T.M., Hölzel N., Kämpf I., Yurtaev A., Tupitsin S., Kiehl K., Kamp J., Kleinebecker T. Soil Carbon Sequestration Due to Post-Soviet Cropland Abandonment: Estimates from a Large-Scale Soil Organic Carbon Field Inventory // *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23. No. 9. P. 3729–3741. <https://doi.org/10.1111/gcb.13650>

Поступила в редакцию 25.09.2024

Принята 28.10.2024

Опубликована 28.10.2024

### Сведения об авторах:

**Лойко Сергей Васильевич** – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Биологического института ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск, Россия); [s.loyko@yandex.ru](mailto:s.loyko@yandex.ru)

**Ткачева Анастасия Александровна** – магистрант, инженер-исследователь лаборатории биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Биологического института ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск, Россия); [nastia2001\\_2001@mail.ru](mailto:nastia2001_2001@mail.ru)

**Истигечев Георгий Игоревич** – младший научный сотрудник лаборатории биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Биологического института ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск, Россия); [istigechev.g@yandex.ru](mailto:istigechev.g@yandex.ru)

**Кузьмина Дарья Михайловна** – кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Биологического института ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск, Россия); [kuzmina.d.m.95@gmail.com](mailto:kuzmina.d.m.95@gmail.com)

**Кулижский Сергей Павлинович** – доктор биологических наук, профессор Биологического института ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск, Россия); [kulizhskiy@yandex.ru](mailto:kulizhskiy@yandex.ru)

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Historical Context for Abandoned lands and land use in the area of Luvic Greyzemic Phaeozems of the Northern Pritomye (West Siberia)

© 2024 S. V. Loiko , A. A. Tkacheva, G. I. Istigechev , D. M. Kuzmina , S. P. Kulizhski 

National Research Tomsk State University, Lenin Avenue, 36, Tomsk, Russia. E-mail: [s.loyko@yandex.ru](mailto:s.loyko@yandex.ru)

**The aim of the study** was to investigate the historical land use and identify abandoned land areas of different ages within the area occupied by the dark-grey forest soils (according to the USSR Soil Classification of 1977), or as Luvic Greyzemic Phaeozems (according to the World Reference Base for Soil Resources of 2022) in one of the oldest agricultural areas of the southern forest zone in the south-east of West Siberia (Northern Pritomye).

**Location and time of the study.** The field research was conducted in the south of Tomsk region (Tomsk district) and in the north of Kemerovo region (Yashkinsky district). The work with archival materials was carried out using remote access to archives and databases covering the south-eastern part of West Siberia.

**Methods.** The search for ecosystems abundant for different time spans, as well as soils that had not been ploughed, was carried out by analyzing historical cartographic sources located in various regional and state archives, as well as in the public domain on the Internet. The found archival information went back for more than 250 years. Space images obtained over the last 60 years were also used for analysis. Historical sources were used to assess the history of land management in the area of the Luvic Greyzem Phaeozems in the Northern Pritomye. The field studies of the ecosystems confirmed the conclusions about their successional status based on the analysis of cartographic sources, for which a morphogenetic analysis of the signs of previous ploughing and the determination of the oldest trees age were carried out.

**Results.** The history of the development of Luvic Greyzemic Phaeozems in the Northern Pritomye, in the right-bank part of the Tom River, between the valleys of the Kirgizka and Sosnovka, dates back 420 years. The first arable land appeared almost immediately after the foundation of Tomsk in 1604. By the middle of the 17th century, depletion and abandonment of some soils in the vicinity of Tomsk and the village of Spasskoye were

observed. Then the development of Luvic Greyzem Phaeozems began in the area of the mouth of the Sosnovka River. To the east of the Tom River, agricultural settlements of military people on Luvisols emerged in the valleys of the Ushaika and Basandaika Rivers. The first abandoned lands in the area of the soils in question appeared in the first half of the 17th century. In the 19th century, arable farming became less significant, and a belt of predominantly deciduous forests formed around Tomsk. Forests, including cedar forests on the abandoned lands, formed near the villages. At that time, most of the area of dark-gray forest typical soils consisted of post-agrogenic ecosystems used as dry hay meadows and firewood forests. A mosaic picture of the distribution of lands was formed: small arable lands and meadows were adjacent to isolated trees and birch groves. Arable fields were used for up to ten years, after which they were abandoned lands. With the beginning of the mechanization of agriculture, arable lands became larger, the area of arable land reached its maximum. In the 21st century, newly abandoned lands appeared.

**Conclusions.** Luvic Greyzemic Phaeozems that were not affected by plowing, as well as lands abandoned for varying time spans, were identified. The information will be used in further comparative historical genetic studies of soils.

**Keywords:** serial communities; subtaiga; arable farming; historical and ecological analysis; land dynamics; nature management.

**How to cite:** Loiko S.V., Tkacheva A.A., Istigechev G.I., Kuzmina D.M., Kulizhski S.P. Historical Context for Abandoned lands and land use in the area of Luvic Greyzemic Phaeozems of the Northern Pritomye (West Siberia). *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e283. DOI: [10.31251/pos.v7i3.283](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.283) (in Russian with English abstract).

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Alexander Zakharov for assistance in finding historical cartographic materials.

#### FUNDING

The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project No. 24-27-00417).

#### REFERENCES

- Agarkova Yu.V. The disappearance of forests in Siberia. In book: Rural areas: problems and prospects of sustainable development. Materials of the International Scientific Conference (Tara, 22 November, 2017). Tara: Publishing house of Omsk SAU, 2017. P. 132–137. (in Russian).
- Adamov A.A. Agriculture of the Peoples of Western Siberia in the Middle Ages (Review of Sources). *Bulletin of Tyumen State University. Humanities research. Humanities*. 2018. Vol. 4. No. 2. P. 152–173. (in Russian). <https://doi.org/10.21684/2411-197X-2018-4-2-152-173>
- Barsukov E., Chernaya M. Problems and prospects of studying the history of the development of the Poros river valley in the Tom-Ob interfluvium in the 17th–18th centuries: Sources and methods. *Ural Historical Journal*. 2020. Vol. 67. No. 2. P. 52–60. (in Russian). [https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-2\(67\)-52-60](https://doi.org/10.30759/1728-9718-2020-2(67)-52-60)
- Boyarshinova Z.Ya. On the question of the development of Russian agriculture in the Tomsk district in the 17th century. In book: Questions of geography of Siberia. Tomsk: National Research Tomsk State University, 1951. Vol. 2. P. 95–140. (in Russian).
- Forests of Eastern Europe: Holocene history and modern times. Vol. 1. Moscow: Nauka Publ., 2004. 479 p. (in Russian).
- Goncharenko A.V. Soils of Tomsk OPKh as an object of on-farm appraisal. In book: Geography, fertility, appraisal of soils of Western Siberia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1984. P. 129–144. (in Russian).
- Gorshenin K.P. Soils of the southern part of Siberia (from the Urals to Baikal). Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1955. 592 p. (in Russian).
- Demidenko V.P. Aspen forests of the Middle Ob region. Novosibirsk: Nauka Publ., 1978. 160 p. (in Russian).
- Enchilik P.R., Klink G.V., Peunova A.A., Prilipova E.S., Sergeeva E.A., Sobolev N.S., Semenov I.N. Postagrogenic Dynamics of pH, Electrical Conductivity and Redox Potential in Soils of Diverse Texture at the Smolensk Poozerie National Park (Russia). *Tomsk State University Journal of Biology*. 2023. No. 64. P. 6–29. (in Russian). <https://doi.org/10.17223/19988591/64/1>
- Ermakov N.B. Diversity of boreal vegetation of North Asia. Hemiboreal forests. Classification and ordination. Novosibirsk: Publishing house SB RAS, 2003. 232 p. (in Russian).

- Zolnikov I.D., Nikulina A.V., Pavlenok K.K., Vybornov A.V., Postnov A.V., Bychkov D.A., Glushkova N.V. Regularities in the spatial location of archaeological objects in Tomsk region. *Russian Archaeology*. 2020. No. 1. P. 22–31. (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S086960630008251-5>
- Kaufman A.A. Economic life of the state peasants of the eastern part of the Tomsk district and the north-western part of the Mariinsky district of the Tomsk province. In book: *Materials for the study of the economic life of the state peasants and foreigners of Western Siberia*. St. Petersburg, 1892. Vol. 1. Vol. 14. 519 p. (in Russian).
- Krylov G.V. Birch forests of the Tomsk region and their types. *Novosibirsk: Academy of Sciences of the USSR West Sib. Branch*, 1953. 123 p. (in Russian).
- Kuznetsov N.I. *Materials on the study of soils and vegetation in the middle part of the Tomsk province*. Petrograd: Printing house A.E. Collins, 1915. 248 p. (in Russian).
- Kuminova A.V. *Vegetation of the Kemerovo region*. Novosibirsk: Academy of Sciences of the USSR, 1949. 167 p. (in Russian).
- Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopes de Gerenyu V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. The Dynamics of Carbon Pools and Biological Activity of Retic Albic Podzols in Southern Taiga during the Postagrogenic Evolution. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 3. P. 337–351. <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>
- Lapshina E.I. Birch forests of the forest-steppe of the southeast of Western Siberia. In book: *Vegetation of the steppe and forest-steppe zones of Western Siberia (Novosibirsk region and Altai Territory)*; Rep. ed. A.B. Kuminova. Novosibirsk: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963. P. 103–130. (in Russian).
- Lashchinsky N.N. *Vegetation of the Salair Ridge*. Novosibirsk: Academic Publishing House "Geo", 2009. 263 p. (in Russian).
- Lashchinsky N.N., Makunina N.I., Gulyaeva A.F. The structure of the vegetation cover of ancient terraces of the Tom River in the central part of the Kuznetsk Basin. *Plant world of Asian Russia*. 2011. No. 1. P. 55–65. URL: <https://www.sibran.ru/upload/iblock/8d1/8d1aa9097dca63f2125fce68945d810b.pdf> (accessed on 02.06.2024). (in Russian).
- Loiko S.V., Geras'ko L.I., Kulizhskii S.P., Amelin I.I., Istigechev G.I. Soil cover patterns in the northern part of the area of aspen–fir taiga in the southeast of Western Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2015. Vol. 48. No. 4. P. 359–372. <https://doi.org/10.1134/S1064229315040067>
- Loiko S.V., Kuz'mina D.M., Kurasova A.O., Lim A.G., Kulizhskii S.P., Dudko A.A., Vasil'eva Y.A., Konstantinov A.O. Charcoals in the Middle Taiga Podzols of Western Siberia as an Indicator of Geosystem History. *Eurasian Soil Science*. 2022. Vol. 55. No. 2. P. 154–168. <https://doi.org/10.1134/S1064229322020089>
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. *Agricultural land dynamics in Russia in the twentieth century and postagrogenic recovery of vegetation and soils*. Moscow: GEOS Publ., 2010. 415 p. (in Russian).
- Materials on soil research in the Altai Krai* / compiled by: I.P. Vydrin, Z.I. Rostovsky. Barnaul: Typolithography under the Main Directorate of the Altai District, 1899. 171 p. (in Russian).
- Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- Fires and availability of firefighting equipment in the rural part of Tomsk province / Materials of fire census for 1913, collected and developed under the guidance of V.Y. Nagnibed*. Tomsk, 1914. 161 p. (in Russian).
- Polyakov P.P. Botanical and geographical sketches of the Kuznetsk basin, Salair and the Western Pre-Salair zone. In book: *Materials of the Kuznetsk-Barnaul soil expedition of 1931. Part 1. Series Siberia*. No. 13. Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences, 1934. 63 p. (in Russian).
- Soil map of Tomsk district, Tomsk region*. Scale 1:100000. Tomsk: Tomskgiprozem, 1989. (in Russian).
- RGVIA. F.416. "Maps of the former Russian Empire". Op. 9. Case 554. Map of the south-eastern part of Tomsk district. Instrumental survey under Colonel Silverhelm. 10 sheets handwritten in color. Scale 1:84000. /91905/. (in Russian).
- Reverdatto V.V. *Vegetation of the Siberian Territory (Experience of fractional zoning)*. *Izvestiya of the Russian Geographical Society*, 1931. Vol. 16. No. 1. P. 43–70. (in Russian).
- Rozhanets M.I., Rozhanets-Kucherovskaya S.E. *Soils and vegetation in the environs of Tomsk: with a map of soils and vegetation*. *Izvestiya Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 1928. P. 315–405. URL: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-22444/> (accessed on 23.05.2024). (in Russian).

- Ronginskaya A.V. Dynamic processes in meadow phytocenoses: on the example of the meadows of the Salair Ridge. Novosibirsk: Nauka. Siberian Branch, 1988. 157 p. (in Russian).
- Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamics of Soil Properties and Carbon Stocks Structure in Postagrogenic Ecosystems of Southern Taiga during Natural Reforestation. *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. P. 240–252. <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>
- Ryabogina N.E., Ivanov S.N. Ancient Agriculture in Western Siberia: Problems of Argumentation, Paleoethnobotanic Methods, and Analysis of Data. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. 2011. Vol. 48. No. 4. P. 96–106. (in Russian).
- Smirnova O.V. Methodological Approaches and Methods of Assessing Climax and Succession State of Forest Ecosystems. *Lesovedenie*. 2004. No. 3. P. 15–27.
- Smirnova O.V., Lugovaya D.L., Prokazina T.S. Model reconstruction of restored taiga forest cover. *Biology Bulletin Reviews*. 2013. Vol. 3. No. 6. P. 493–504. <https://doi.org/10.1134/S207908641306008X>
- Strogyi A.A. Extermination of forests in Siberia and the necessity of the Siberian forest protection law: Report to the All-Russian Congress of forest owners and forestry owners. St. Petersburg, 1911. 23 p. (in Russian).
- Telesnina V.M., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Ermolaev A.M., Mirin D.M. Dynamics of Soil Properties and Plant Composition during Postagrogenic Evolution in Different Bioclimatic Zones. *Eurasian Soil Science*. 2017. Vol. 50. No. 12. P. 1515–1534. <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>
- Proceedings of the Kuzbass complex expedition / Kemerovo State University, Institute of Coal and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo Oblast Administration, Kuzbass Botanical Garden CSBS SB RAS, Russian Academy of Natural Sciences. Volume 1. Kemerovo: Institute of Coal and Coal Chemistry SB RAS, 2004. 795 p. (in Russian).
- Urusevskaya I.S., Alyabina I.O., Shoba S.A. The map of soil-geographic zonation of the Russian Federation: scale 1: 8 000 000, explanatory text and legend to the map. Moscow: MAKS Press, 2020. 98 p. (in Russian).
- Khmelev V.A., Panfilov V.P., Dyukarev A.G. Genesis and physical properties of texture-differentiated soils. Novosibirsk: Nauka Publ., 1988. 127 p. (in Russian).
- Chagin G.N. Adaptation to the environment and traditional culture of the upper Pechora's and koliva's Russian population in the 19th century and the first quarter of the 20th century. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2017a. Vol. 2. No. 2. (in Russian). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2017-2-4>
- Chagin G.N. Natural environments in historical memories of nations in the Perm region in the 19-21 st centuries. *Anthropogenic Transformation of Nature*. 2017b. No. 3. P. 22–24. (in Russian).
- Chursina A.A. Agricultural development of Tomsk uyezd by the men of service in the 18th century. *Tomsk State University Journal of History*. 2011. No. 3 (15). P. 70–75. (in Russian).
- Shopina O.V., Geraskina A.P., Kuznetsova A.I., Tikhonova E.V., Titovets A.V., Bavshin I.M., Khokhryakov V.R. Stages of restoration of components of post-agrogenic pine forest ecosystems at the National Park "Smolensk Lakeland". *Eurasian Soil Science*. 2023. Vol. 56. No/ 1. P. 16–28. <https://doi.org/10.1134/S1064229322601639>
- Shumilova L.V. Botanical geography of Siberia. Tomsk: Tomsk University Publishing House, 1962. 439 p. (in Russian).
- Aleinikov A. The Fire History in Pine Forests of the Plain Area in the Pechora-Ilych Nature Biosphere Reserve (Russia) before 1942: Possible Anthropogenic Causes and Long-Term Effects. *Nature Conservation Research*. 2019. No. 4. P. 21–34. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2019.033>
- Arkhipova M.V. Variation in Forest Area on the Central Russian Upland within the Last 250 Years. *Contemporary Problems of Ecology*. 2015. Vol. 8. No. 7. P. 830–837. <https://doi.org/10.1134/S1995425515070021>
- Henebry G. Carbon in Idle Croplands. *Nature*. 2009. Vol. 457. P. 1089–1090. <https://doi.org/10.1038/4571089a>
- Henttonen H.M., Nöjd P., Suvanto S., Heikkinen J., Mäkinen H. Size-Class Structure of the Forests of Finland during 1921–2013: A Recovery from Centuries of Exploitation, Guided by Forest Policies. *European Journal of Forest Research*. 2020. Vol. 139. P. 279–293. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01241-y>
- Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Giani L. Dynamics of Carbon Pools in Post-Agrogenic Sandy Soils of Southern Taiga of Russia. *Carbon Balance and Management*. 2010. Vol. 5. No. 1. P. 9. <https://doi.org/10.1186/1750-0680-5-1>
- Nguyen H., Hölzel N., Völker A., Kamp J. Patterns and Determinants of Post-Soviet Cropland Abandonment in the Western Siberian Grain Belt. *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10. P. 1973–1990. <https://doi.org/10.3390/rs10121973>

- Poeplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Wesemael B., Schumacher J., Gensior A. Temporal Dynamics of Soil Organic Carbon after Land-Use Change in the Temperate Zone-Carbon Response Functions as a Model Approach. *Global Change Biology*. 2011. Vol. 17. P. 2415–2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>
- Post W.M., Kwon K.C. Soil Carbon Sequestration and Land-Use Change: Processes and Potential. *Global Change Biology*. 2000. Vol. 6. P. 317–327. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>
- Rautiainen A., Virtanen T., Kauppi P.E. Land Cover Change on the Isthmus of Karelia 1939–2005: Agricultural Abandonment and Natural Succession. *Environmental Science and Policy*. 2016. Vol. 55. P. 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.09.011>
- Rolinski S., Prishchepov A.V., Guggenberger G., Bischoff N., Kurganova I., Schierhorn F., Müller D., Müller C. Dynamics of Soil Organic Carbon in the Steppes of Russia and Kazakhstan under Past and Future Climate and Land Use. *Regional Environmental Change*. 2021. Vol. 21. P. 73. <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01799-7>
- Ryabogina N.E., Nesterova, M.I., Utaygulova, R.R., Trubitsyna, E.D. Forest fires in southwest Western Siberia: the impact of climate and economic transitions over 9000 years. *Journal of Quaternary Science*. 2024. Vol. 39. P. 432–442. <https://doi.org/10.1002/jqs.3593>
- Schierhorn F., Müller D., Beringer T., Prishchepov A.V., Kuemmerle T., Balmann A. Post-Soviet Cropland Abandonment and Carbon Sequestration in European Russia, Ukraine, and Belarus. *Global Biogeochemical Cycles*. 2013. Vol. 27. No. 4. P. 1175–1185. <https://doi.org/10.1002/2013GB004654>
- Smirnova O.V, Bobrovsky M., Khanina L., Zaigolnova L.B., Shirokov A., Lugovaya D.L., Korotkov V.N., Spirin V., Samokhina T.Y., Zaprudina M.V. Hemiboreal Forests. In book: *European Russian Forests: Their Current State and Features of Their History. Plant and Vegetation*. The Netherland, Dordrecht: Springer, 2017. P. 59–204. [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1172-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1172-0_4)
- Terekhin E.A., Chendev Y.G. Satellite-Derived Spatiotemporal Variations of Forest Cover in Southern Forest–Steppe, Central Russian Upland. *Contemporary Problems of Ecology* 2019. Vol 12. No. 7. P. 780–786. <https://doi.org/10.1134/S1995425519070102>
- Tikkanen O.P., Chernyakova I.A. Past Human Population History Affects Current Forest Landscape Structure of Vodlozero National Park, Northwest Russia. *Silva Fennica*. 2014. Vol. 48. No. 4. P. 17. <https://doi.org/10.14214/sf.1207>
- Wertebach T.M., Hölzel N., Kämpf I., Yurtaev A., Tupitsin S., Kiehl K., Kamp J., Kleinebecker T. Soil Carbon Sequestration Due to Post-Soviet Cropland Abandonment: Estimates from a Large-Scale Soil Organic Carbon Field Inventory. *Global Change Biology*. 2017. Vol. 23. No. 9. P. 3729–3741. <https://doi.org/10.1111/gcb.13650>

*Received 25 September 2024*

*Accepted 28 October 2024*

*Published 28 October 2024*

#### **About the authors:**

**Sergey V. Loiko** – Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory for Biogeochemical and Remote Sensing Methods for Environmental Monitoring in the Biological Institute of the National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia); [s.loyko@yandex.ru](mailto:s.loyko@yandex.ru)

**Anastasia A. Tkacheva** – Master’s Student, Research Engineer in the Laboratory for Biogeochemical and Remote Sensing Methods for Environmental Monitoring in the Biological Institute of the National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia); [nastia2001\\_2001@mail.ru](mailto:nastia2001_2001@mail.ru)

**Georgy I. Istigechev** – Master of Biological Sciences, Junior Researcher in the Laboratory for Biogeochemical and Remote Sensing Methods for Environmental Monitoring in the Biological Institute of the National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia); [istigechev.g@yandex.ru](mailto:istigechev.g@yandex.ru)

**Daria M. Kuzmina** – Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher in the Laboratory for Biogeochemical and Remote Sensing Methods for Environmental Monitoring in the Biological Institute of the National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia); [kuzmina.d.m.95@gmail.com](mailto:kuzmina.d.m.95@gmail.com)

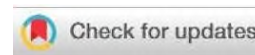
**Sergey P. Kulizhskii** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Biological Institute of the National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia); [kulizhskiy@yandex.ru](mailto:kulizhskiy@yandex.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.278>

## Итоги международной научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв в современном земледелии», посвящённой 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.)

© 2024 А. А. Шпедт <sup>1</sup>, А. Г. Липшин <sup>2</sup>, Н. С. Козулина <sup>2</sup>, Т. В. Нечаева <sup>3</sup>, Н. В. Гопп <sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», ул. Академгородок, 50, г. Красноярск, 660036, Россия. E-mail: [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

<sup>2</sup>Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», проспект Свободный, 66, г. Красноярск, 660041, Россия. E-mail: [alipshin@mail.ru](mailto:alipshin@mail.ru)

<sup>3</sup>ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru); [gopp@issa-siberia.ru](mailto:gopp@issa-siberia.ru)

Международная научно-практическая конференция «Проблемы плодородия почв в современном земледелии» (далее – конференция), посвящённая 70-летию освоения целинных и залежных земель, состоялась в г. Красноярске с 24 по 28 июня 2024 года. В мероприятии приняли участие более ста человек, среди которых три академика РАН, два член-корреспондента РАН, 26 докторов и 46 кандидатов наук, аспиранты, докторанты и сотрудники научных центров и вузов Красноярского края и других регионов России, а также гости из Белоруссии и Казахстана.

Тематические направления секций конференции представлены следующими разделами: изменение почвенных и агрохимических параметров в течение сельскохозяйственного использования земель; актуальные проблемы деградации почв и почвозащитного земледелия; плодородие почв и продуктивность агроценозов: оценка и способы регулирования; роль видового и сортового состава агроценозов в формировании производительности почв; цифровые технологии в земледелии, дистанционный и наземный мониторинг агроэкосистем; исторические аспекты освоения целинных и залежных земель. Подробное изложение представленных в обзоре пленарных докладов и других материалов конференции заинтересованный читатель найдет в сборнике «Проблемы плодородия почв в современном земледелии» (2024).

Помимо пленарного и секционных заседаний участники конференции могли принять участие в научно-полевой экскурсии с осмотром опытных посевов и почвенных разрезов в пределах Красноярского края и Хакасии, а также в обзорной исторической экскурсии по г. Красноярску и географической экскурсии в национальный парк «Красноярские Столбы».

Проведение конференции позволило обсудить наиболее актуальные проблемы современного земледелия по разным тематическим направлениям, ознакомиться с новыми научными подходами и представлениями в различных сферах агрономического профиля для решения проблем использования и сохранения почвенных ресурсов. Участники конференции, отмечая важность её проведения, выразили уверенность, что результаты работы конференции и положения, изложенные в резолюции, будут содействовать развитию агропромышленного комплекса Российской Федерации.

**Ключевые слова:** целина; пашина; залежь; свойства и режимы почв; земледелие; почвенный покров; агроценоз; плодородие и деградация почв; дистанционный и наземный мониторинг агроэкосистем.

**Цитирование:** Шпедт А.А., Липшин А.Г., Козулина Н.С., Нечаева Т.В., Гопп Н.В. Итоги международной научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв в современном земледелии», посвящённой 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.) // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 3. e278. DOI: [10.31251/pos.v7i3.278](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.278)

Международная научно-практическая конференция «Проблемы плодородия почв в современном земледелии» (далее – конференция), посвящённая 70-летию освоения целинных и залежных земель, а также 300-летию РАН, состоялась в Федеральном исследовательском центре «Красноярский научный центр СО РАН» в г. Красноярске с 24 по 28 июня 2024 года.

Цель конференции – актуализация вопросов агрохимического обеспечения сельскохозяйственного производства и повышения почвенного плодородия в современном земледелии Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов; поиск путей решения проблем агрохимии, почвоведения, земледелия и смежных наук о плодородии почв и продуктивности сельскохозяйственных культур; обобщение информации о биосферной роли освоения целинных и залежных земель.

В работе конференции приняли участие более ста человек из различных регионов России (города: Абакан, Барнаул, Иркутск, Кемерово, Красноярск, Кызыл, Минусинск, Москва, Новосибирск, Нижний Новгород, Омск, Санкт-Петербург, Томск, Тюмень, Улан-Удэ, Хабаровск), а также гости из Белоруссии (г. Горки) и Казахстана (г. Алматы) (рис. 1). С докладами выступили учёные и специалисты федеральных научных и образовательных учреждений, представители центров агрохимической службы сибирского региона, среди которых три академика РАН, два члена-корреспондента РАН, 26 докторов и 46 кандидатов наук, а также аспиранты, докторанты и преподаватели вузов. На мероприятии присутствовали представители органов власти – Министерства сельского хозяйства Красноярского края, Законодательного собрания Красноярского края, а также Почётный Консул Монголии в г. Красноярске и Красноярском крае – Евгений Алексеевич Кузьмин и промышленные партнёры: АО «Август», ЗАО «Назаровское», ООО «ОПХ Солянокское», АО «Солгон», АО «Искра».



**Рисунок 1.** Участники научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв в современном земледелии», г. Красноярск, 25.06.2024 г. (фото А.А. Шпедта).

Конференцию открыли приветственным словом представители органов власти, чьи выступления более подробно представлены в публикации Красноярского НИИ сельского хозяйства на сайте ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН» (Проблемы плодородия почв ..., 2024). Опубликованные ниже фото представителей органов власти и докладчиков пленарного заседания предоставлены А.А. Шпедтом и Т.В. Нечаевой.



**Валерий Хольмович Вэнго**, заместитель председателя комитета по делам села и агропромышленной политики Красноярского края, отметил, что тема плодородия почв очень актуальна для сибирского региона, поскольку он находится в зоне рискованного земледелия. В связи с этим необходимо увеличить уровень помощи опытно-производственным хозяйствам. «Нам необходимо обеспечить нашу страну продукцией и максимально уменьшить зависимость наших аграриев от поставок семян и других ресурсов», отметил в своём выступлении В.Х. Вэнго.



**Наталья Ивановна Пыжикова**, ректор Красноярского государственного аграрного университета, доктор экономических наук, профессор, также подчеркнула актуальность научно-практической конференции: «Семенные ресурсы ограничены, мы должны найти способ сохранить плодородие почв, чтобы обеспечить, в первую очередь, безопасность нашей страны и выполнить задачи, поставленные перед нами правительством Российской Федерации. Поэтому важной задачей является взаимодействие между учёными и бизнесом в сельском хозяйстве, что позволит выявить проблемы, обменяться опытом и разработать механизмы для их решения».

**Оксана Николаевна Вебер**, начальник отдела развития растениеводства Министерства сельского хозяйства Красноярского края, в своём приветственном слове указала на необходимость разработки комплекса мер, которые будут направлены на стабилизацию и восстановление земель сельскохозяйственного назначения, интенсификацию производства, повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции: «Мы надеемся, что результаты научных исследований будут доведены до заинтересованных сторон, включая производителей товаров, чтобы они могли использовать эти знания на практике. Это будет способствовать развитию сельского хозяйства в Красноярском крае и Сибирском федеральном округе».



## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

На пленарном заседании участники конференции заслушали 10 докладов.



Заседание началось с исторического экскурса **Александра Артуровича Шпедта**, доктора сельскохозяйственных наук, член-корреспондента РАН, директора ФИЦ КНЦ СО РАН. Он рассказал об освоении целинных и залежных земель в Сибири. За 1954–1956 гг. под посевы было распахано около 36 млн га целинных земель, из них 20 млн га в Казахстане и около 15 млн в РСФСР. Распашка целины, с одной стороны, породила серьёзные проблемы, включая ветровую эрозию, засушливость климата и трудности с уборкой урожая. С другой стороны, освоение целины позволило удовлетворить в зерне все внутренние потребности и выделить необходимое его количество для экспорта. За короткое время затраты государства на освоение новых земель окупились и дали прибыль (Шпедт, 2024).

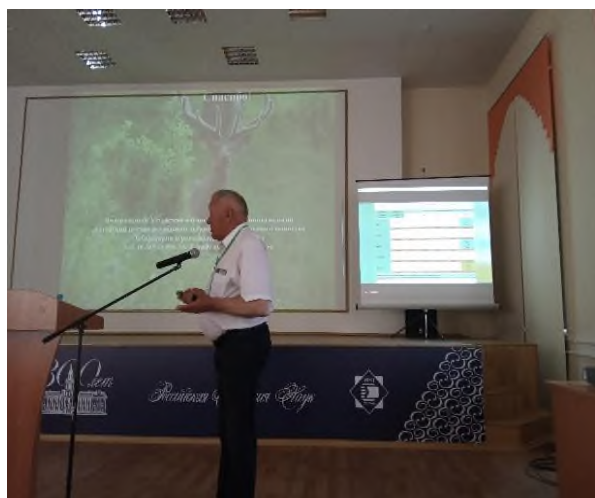




На реалии современного состояния сельского хозяйства обратил внимание **Геннадий Павлович Гамзиков**, академик РАН, главный научный сотрудник Новосибирского ГАУ. Он доложил о перспективах точного земледелия в сибирском регионе. Стабильность сельского товаропроизводителя и достижение им высокой продуктивности полевых культур в Сибири определяется уровнем оптимизации социально-экономических и организационно-хозяйственных условий. Будущее развитие сибирского полеводства перспективно через точное земледелие. Базовые подходы и методология точного земледелия могут быть частично или полностью реализованы в процессе поэтапного освоения интенсивных и высокоинтенсивных технологий

возделывания полевых культур на основе адаптивно-ландшафтного земледелия. Успех во многом зависит от разработок науки, квалификации крестьянина и поддержки государства (Гамзиков, 2024).

В выступлении **Лубсан-Зонды Владимировича Будажапова**, доктора биологических наук, член-корреспондента РАН, главного научного сотрудника ГБУ «Академия наук Республики Саха (Якутия)», речь шла о кинетике формирования иммобилизационно-минерализационного пула азота криоаридных и мерзлотных почв: эффект активности микробного пула и фундаментальных законов термодинамики. Подобная оценка различий во внутрипочвенных кинетических превращениях азота позволяет выстроить алгоритм прогнозных сценариев изменения азотного фонда почв с различным уровнем плодородия и с перспективой создания цифрового помощника (Будажапов, 2024).



В докладе **Владимира Ивановича Усенко**, доктора сельскохозяйственных наук, главного научного сотрудника Федерального Алтайского научного центра агроботехнологий, представлены результаты длительного опыта по изучению влияния предшественника, системы обработки почвы и минеральных удобрений на запасы продуктивной влаги, содержание в пахотном и подпахотном слоях выщелоченного чернозёма гумуса, подвижных форм азота, фосфора и калия. Установленные закономерности и количественные почвенные параметры могут служить нормативной базой при выборе технологий возделывания зерновых культур и уровня их интенсивности в условиях лесостепи Алтайского Приобья (Усенко и др., 2024).



Основные принципы управления плодородием почвы при выращивании зерновых культур по интенсивным технологиям в Сибири рассмотрены в выступлении **Ивана Николаевича Шаркова**, доктора биологических наук, доцента, ведущего научного сотрудника Института почвоведения и агрохимии СО РАН. Он отметил, что применение интенсивных технологий осложняется непредсказуемостью погодных условий; для уменьшения ущерба предложен балансовый метод определения доз удобрений, основанный на установлении минимального содержания в почве доступных растениям форм азота, фосфора и калия, при которых внесение удобрений в режиме компенсации отчуждения элементов с поля будет обеспечивать получение максимальной урожайности культур в вегетационные периоды с относительно благоприятными погодными условиями (Шарков, 2024).

В докладе **Елены Анатольевны Валетовой**, кандидата биологических наук, заместителя директора станции агрохимической службы «Томская», речь шла о продуктивности агроценоза при регулярном применении соломы и сидератов в Томской области. Показано, что длительное применение чистого пара в зернопаровом севообороте без внесения органических удобрений или при их недостаточном количестве (внесение только соломы), приводит к снижению содержания гумуса в почве. Отмечена возрастающая со временем эффективность сидерального пара по фону регулярного внесения соломы перед чистым паром без внесения органических удобрений (Сорокин и др., 2024).



**Наталья Васильевна Кутькина**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, руководитель группы агропочвоведения и землепользования НИИАП Хакасии, поделилась результатами исследования по определению изменений почвенных параметров после прекращения орошения. В условиях сухой степи Хакасии, к 23–28 годам естественной постмелиоративной эволюции, каштановые почвы находятся в состоянии близком к целинному, с солонцеватыми родовыми признаками. Наталья Васильевна подчеркнула, что мелиорация должна стать важнейшим фактором устойчивого развития аграрного производства в связи с тенденцией глобального потепления климата (Кутькина, Чебочаков, 2024).



В докладе **Алексея Геннадьевича Липшина**, кандидата сельскохозяйственных наук, директора Красноярского НИИ сельского хозяйства, дана оценка современному состоянию и вызовам, которые стоят перед агропромышленным комплексом Красноярского края; показано, что сельское хозяйство Сибири имеет как сильные, так и слабые стороны. Так, например, Красноярский край обладает высоким потенциалом для внедрения агротехнологий и использования цифровых технологий. Среди проблем можно выделить трудности с рентабельностью выращивания зерновых культур из-за высоких затрат и низкого валового сбора, а также

такие неблагоприятные факторы, как низкое плодородие почв, износ техники, недостаток методологических подходов и оборотных средств, снижение спроса на продукцию, низкая социальная привлекательность сельских территорий, дефицит кадров.

**Олег Эдуардович Якубайлик**, кандидат физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Института вычислительного моделирования СО РАН, рассмотрел проблемы и текущий уровень цифровизации сельского хозяйства в России, основные компоненты информационно-аналитического обеспечения задач агромониторинга и точного земледелия. Отмечен достигнутый в последние годы значительный прогресс в организационном и техническом обеспечении систем сбора, анализа и использования информации для контроля и управления сельскохозяйственными процессами. Перспективы дальнейшего развития отрасли связаны с внедрением спутниковых и беспилотных авиационных систем нового поколения, технологий и сервисов доступа к аналитическим данным (Якубайлик, 2024).



В завершающем пленарное заседание выступлении **Тансии Владимировны Нечаевой**, кандидата биологических наук, старшего научного сотрудника Института почвоведения и агрохимии СО РАН, охарактеризованы залежные земли России с учётом их распространения и агроэкологического состояния постагрогенных экосистем. Подчёркнуто, что повсеместная распашка стихийно возникших залежей нецелесообразна и даже вредна, поскольку вызовет новый этап развития разных видов деградации. Залежные земли могут быть использованы в качестве сенокосов и пастбищ (кормовые ресурсы); постагрогенных лесных экосистем с разнообразными замещающими (заготовка древесины; охота; собирательство и заготовка ягод, грибов и лекарственных растений), рекреационными и биосферными природными ресурсами; лесопоглотителей парниковых газов («Киотские плантации»); для развития сельского туризма (Нечаева, 2023).

Тематические направления секционных заседаний представлены следующими разделами:

1. Изменение почвенных и агрохимических параметров в течение сельскохозяйственного использования земель.
2. Актуальные проблемы деградации почв и почвозащитного земледелия.
3. Плодородие почв и продуктивность агроценозов: оценка и способы регулирования.
4. Роль видового и сортового состава агроценозов в формировании производительной способности почв.
5. Цифровые технологии в земледелии, дистанционный и наземный мониторинг агроэкосистем.
6. Исторические аспекты освоения целинных и залежных земель.

Выступления участников секционных заседаний конференции были посвящены актуальным проблемам земледелия и повышения плодородия почв на территории, охватывающей 35% сельскохозяйственных угодий России, в том числе 32% пашни. Почвенно-климатические условия, охарактеризованные в представленных докладах от субъектов Российской Федерации, Белоруссии, Казахстана, отличаются существенными различиями и многообразием. Проблема оптимизации минерального питания растений актуальна сегодня для обширного видового и сортового спектра сельскохозяйственных культур – зерновых, зернобобовых, масличных. В представленных докладах высказана озабоченность наращиванию экспорта зерна при отрицательном балансе элементов питания (особенно, фосфора). Более подробно с докладами пленарного и секционных заседаний можно познакомиться в сборнике трудов Международной научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв в современном земледелии» (2024).

По итогам конференции была принята **резолуция** со следующими основными положениями:

- признать актуальными и первостепенными для формирования продуктивности сельскохозяйственных культур вопросы повышения плодородия почв с учётом высоких цен на минеральные удобрения и новых требований согласно Постановлению Правительства РФ от 31 октября 2022 г. № 1940 «Об утверждении требований к обращению побочных продуктов животноводства»;
- считать перспективным и необходимым развитие программ по использованию данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) для агрохимической диагностики сельскохозяйственных угодий, при этом необходимо обеспечить доступность космических снимков для научных исследований в сфере ДЗЗ;
- акцентировать внимание на дальнейшую разработку методических и методологических аспектов агрохимических исследований и плодородия почв в свете реализации адресно ориентированного подхода в агротехнологиях нового поколения;
- привлекать специалистов для популяризации науки о почве и её роли как компонента окружающей среды, укрепления кадрового потенциала агрохимических лабораторий, центров и НИИ аграрного профиля;
- участвовать в создании научно-образовательных инновационных проектов для формирования целевых программ по повышению плодородия почв в регионах;
- обратить внимание на поиск новых форм внедрения в практику инновационных агрохимических средств и приёмов их применения;
- подготовить обращение в Президиум СО РАН о совместном рассмотрении механизмов целевого финансирования длительных стационарных агрохимических опытов;
- поручить руководству КрасНИИСХ, ФИЦ КНЦ СО РАН сформировать рабочую группу по подготовке и изданию коллективной монографии «Почвы сибирского региона»;
- поддержать инициативу по упорядочению селекционно-генетических исследований и ведению оригинального семеноводства в сибирском регионе;
- активизировать исследования, направленные на повышение устойчивости новых сортов к повышенной кислотности и засолению почв, площади которых занимают в Сибири более 8 млн га;
- усилить работу на повышение устойчивости с помощью селекции сортов различных культур к корневым гнилям, ржавчине, септориозу и другим болезням;
- считать важным изучение исторического опыта земледелия и проведение оценки освоения целины;
- признать работу конференции успешной и полезной в научном и прикладном аспектах по консолидации взглядов и принципиальных подходов к пониманию текущих и стратегических вопросов развития, оценке плодородия почв и продуктивности полевых культур в различных эколого-почвенных режимах.

Помимо пленарного и секционных заседаний участники конференции могли также принять участие в ряде экскурсий. В первый день заезда (24.06.2024 г.) была организована **обзорная историческая экскурсия по г. Красноярку** (рис. 2). Оксана Валентиновна Кравченко (экскурсовод) показала и рассказала интересные факты об основных достопримечательностях и знаменитостях города, включая смотровую площадку близ посёлка Овсянка со скульптурной композицией «Царь-рыба» по повести В.П. Астафьева, откуда открывается потрясающий вид на реку Енисей и Красноярскую ГЭС, а также часовню Параскевы Пятницы, красноярский Биг-Бен, театр оперы и балета имени Д.А. Хворостовского, художественный музей имени В.И. Сурикова и многое другое.



**Рисунок 2.** Участники обзорной экскурсии по г. Красноярку (фото Н.В. Гош).

С 26 по 27 июня 2024 года состоялась **научно-полевая экскурсия с осмотром опытных посевов и почвенных разрезов в пределах Красноярского края и Хакасии**. С данными об основных типах почв Красноярского края и Хакасии можно познакомиться в путеводителе «Почвы Красноярского края и Хакасии» (2024).

Для знакомства с разнообразными ландшафтами и удивительной по красоте сибирской природой 28 июня 2024 года была организована географическая экскурсия в **национальный парк «Красноярские Столбы»** (рис. 3).



**Рисунок 3.** Участники экскурсии в национальный парк «Красноярские Столбы» (фото А.Г. Липшина).

Участникам конференции был организован подъём на канатно-кресельной дороге в фанпарке «**Бобровый лог**». Знакомый уже экскурсовод – Оксана Валентиновна Кравченко – рассказала о том, что «Красноярские Столбы» изначально были созданы в виде заповедника по инициативе местных жителей в 1925 году для сохранения живописного уголка от варварской рубки леса и добычи природного камня. Постановлением Правительства РФ от 28 ноября 2019 года заповедник был преобразован в национальный парк, так как на территории имелась рекреационная и иная деятельность, не соответствующая режиму заповедника, но допустимая в национальном парке. Своё название «**Красноярские Столбы**» парк получил не случайно. Основной достопримечательностью территории Саянских отрогов стали сиенитовые скалы, принявшие по велению природы облик исполинских великанов с угадываемыми очертаниями людей, животных и мифологических существ, с уникальной структурой ходов и лазов. Это один из самых посещаемых национальных парков в России – около 1 млн человек ежегодно. «Красноярские Столбы» по праву являются визитной карточкой, брендом Красноярского края и г. Красноярска, любимым местом отдыха красноярцев и туристов, которые заряжаются здесь энергией и здоровьем (О национальном парке «Красноярские Столбы», 2024).

За годы существования «Красноярских Столбов» издан 21 выпуск Трудов заповедника «Столбы», 16 монографий, более 500 научных и научно-популярных статей. В 2010 году в XVIII томе Трудов опубликованы результаты инвентаризации биоразнообразия территории (флора, млекопитающие, птицы). В 2015 году в XXI томе Трудов опубликованы результаты инвентаризации энтомофауны. В настоящее время научные исследования национального парка направлены на изучение экосистем с целью их сохранения в условиях высокой антропогенной (рекреационной и аэротехногенной) нагрузки, уточнение и пополнение инвентаризационного списка биоразнообразия, продолжение традиционных лесоводственных и зоологических исследований (Кнорре, 2018).

Участники конференции отметили высокий организационный и научный уровень подготовки и проведения конференции сотрудниками КрасНИИСХ, ФИЦ КНЦ СО РАН и выразили им свою глубокую благодарность, а также обратились в Сибирское и Дальневосточное отделения РАН с рекомендацией включить последующие семинары и конференции, посвящённые актуальным проблемам земледелия, плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в перечень совместных мероприятий, проводимых под эгидой РАН. Предложено обозначенные научно-производственные задачи и проблемы обсудить на предстоящих конференциях в 2025 году, в том числе на X Сибирских Прянишниковских чтениях в г. Кяхта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение Международной научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв в современном земледелии» позволило участникам мероприятия обсудить наиболее актуальные проблемы современного земледелия по разным тематическим направлениям, ознакомиться с новыми научными подходами и представлениями в различных направлениях агрономического профиля для решения задач рационального использования и сохранения почвенных ресурсов. Участники конференции, отмечая важность её проведения, выражают уверенность, что результаты работы конференции и положения, изложенные в резолюции, будут содействовать развитию агропромышленного комплекса Российской Федерации.

## ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Конференция организована и проведена Федеральным исследовательским центром «Красноярский научный центр СО РАН» при поддержке: Министерства науки и высшего образования РФ, Сибирского отделения РАН, Красноярского и Хакасского отделений Общества почвоведов имени В.В. Докучаева и промышленных партнёров: АО «Август», ЗАО «Назаровское», ООО «ОПХ Солянское», АО «Солгон», АО «Искра».

## ЛИТЕРАТУРА

Будажатов Л.В. Кинетика формирования иммобилизационно-минерализационного пула азота криоаридных и мерзлотных почв: эффект активности микробного пула и фундаментальных законов термодинамики // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 12–16. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_12](https://doi.org/10.52686/9785605087878_12)

Гамзиков Г.П. О перспективах точного земледелия в Сибири // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения

целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 10–11. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_10](https://doi.org/10.52686/9785605087878_10)

Кнорре А.А. История и современное состояние заповедной науки [Электронный ресурс]. Раздел: научно-исследовательская. Дата публикации 12 января 2018 г. URL: <https://kras-stolby.ru/activity/istoriya-i-sovremennoe-sostoyanie-zapovednoj-n-62/> (дата обращения 22.07.2024).

Кутькина Н.В., Чебочаков С.Е. Динамика изменений почвенных параметров постмелиоративных земель в сухой степи Хакасии // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 32–35. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_32](https://doi.org/10.52686/9785605087878_32)

Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e215. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>

О национальном парке «Красноярские Столбы» [Электронный ресурс]. URL: <https://kras-stolby.ru/about/#about> (дата обращения 22.07.2024).

Почвы Красноярского края и Хакасии: путеводитель экскурсии, посвящённой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы плодородия почв современном земледелии» (24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. 56 с.

Проблемы плодородия почв обсудили в Красноярске [Электронный ресурс]. Дата публикации 11 июля 2024 г. URL: [https://ksc.krasn.ru/news/problemy\\_pldorodiyi\\_pochv\\_obsudili\\_v\\_krasnoyarske/](https://ksc.krasn.ru/news/problemy_pldorodiyi_pochv_obsudili_v_krasnoyarske/) (дата обращения 18.07.2024).

Сорокин И.Б., Валетова Е.А., Сиротина Е.А. Продуктивность агроценоза при регулярном применении соломы и сидератов в Томской области // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 24–27. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_24](https://doi.org/10.52686/9785605087878_24)

Усенко В.И., Гаркуша А.А., Литвинцева Т.А., Дерянова Е.Г., Кобзева И.А., Щербакова А.А. Изменение плодородия выщелоченного чернозема при длительном воздействии севооборота, обработки почвы и удобрений // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 17–19. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_17](https://doi.org/10.52686/9785605087878_17)

Шарков И.Н. Основные принципы управления плодородием почвы при выращивании зерновых культур по интенсивным технологиям в Сибири // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 20–23. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_20](https://doi.org/10.52686/9785605087878_20)

Шпедт А.А. Освоение целинных и залежных земель в Сибири // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 5–9. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_5](https://doi.org/10.52686/9785605087878_5)

Якубайлик О.Э. Информационно-аналитическое обеспечение задач точного земледелия и агромониторинга на основе данных дистанционного зондирования земли и технологий ГИС // Проблемы плодородия почв в современном земледелии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию освоения целинных и залежных земель (Красноярск, 24–28 июня 2024 г.). Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2024. С. 36–39. [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_36](https://doi.org/10.52686/9785605087878_36)

*Поступила в редакцию 29.07.2024*

*Принята 17.09.2024*

*Опубликована 28.10.2024*

#### **Сведения об авторах:**

**Шпедт Александр Артурович** – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

**Липшин Алексей Геннадьевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, директор Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленное

подразделение ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [alipshin@mail.ru](mailto:alipshin@mail.ru)

**Козулина Наталья Станиславовна** – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленное подразделение ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН» (г. Красноярск, Россия); [kozulina.n@bk.ru](mailto:kozulina.n@bk.ru)

**Нечаева Таисия Владимировна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБНУ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия), [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru)

**Гопп Наталья Владимировна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв ФГБНУ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [gopp@issa-siberia.ru](mailto:gopp@issa-siberia.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## International Scientific and Practical Conference “Problems of Soil Fertility in Current Agriculture” dedicated to the 70th anniversary of virgin and abandoned lands development (Krasnoyarsk, June 24–28, 2024)

© 2024 A. A. Shpedt <sup>1</sup>, A. G. Lipshin <sup>2</sup>, N. S. Kozulina <sup>2</sup>, T. V. Nechaeva <sup>3</sup>, N. V. Gopp <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS”, Akademgorodok 50, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

<sup>2</sup>Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS”, Svobodnyy ave., 66, Krasnoyarsk, Russia. E-mail: [alipshin@mail.ru](mailto:alipshin@mail.ru)

<sup>3</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentieva, 8/2, Novosibirsk, Russia. E-mail: [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru); [gopp@issa-siberia.ru](mailto:gopp@issa-siberia.ru)

*International Scientific and Practical Conference “Soil fertility problems in current agriculture” (hereinafter referred to as Conference) took place on June 24–28, 2024, in Krasnoyarsk (Russia) to mark 70 years since virgin and long-abandoned lands were put into the agricultural use. The Conference attracted more than hundred participants, including three full and two corresponding members of the Russian Academy of Sciences, 26 doctors and 46 candidates of sciences, as well as postgraduate and doctoral students, researchers from the scientific centers and institutes of Krasnoyarsk and other regions of Russia, and also from Kazakhstan and Belarus. Sectional topics were as following: changes in soil and agrochemical properties during agricultural land use; urgent issues in soil degradation and soil-protection agriculture; assessment and regulation of soil fertility and agricultural productivity; the role of species and cultivar composition of agrocenoses in soil production capacity; digital technologies in agriculture, remote and ground monitoring of agroecosystems; history of virgin and abandoned lands development. The plenary lectures and other Conference materials are published in a book “Soil fertility problems in current agriculture” (2024).*

*Besides the plenary and sectional events, the Conference participants attended a field trip to see experimental fields and soil profiles in Krasnoyarsk Region and Khakassia and enjoyed excursions around Krasnoyarsk and the National Park “Krasnoyarskiye Stolby”.*

*The Conference provided a forum for discussing diverse and the most urgent issues of current agriculture and for getting acquainted with new approaches, concepts and technologies, applied in various spheres of agronomy for solving land use and soil preservation problems. The Conference participants, emphasizing its importance, expressed their confidence that Conference results and resolution will promote the progress of the agricultural industry in Russia.*

**Keywords:** virgin soil; arable soil; abandoned soil; soil properties and regimes; farming; soil cover; agrocenosis; soil fertility and degradation; remote and ground monitoring of agroecosystems.

**How to cite:** Shpedt A.A., Lipshin A.G., Kozulina N.S., Nechaeva T.V., Gopp N.V. International Scientific and Practical Conference “Problems of Soil Fertility in Current Agriculture” dedicated to the 70th anniversary of the of virgin and abandoned lands development (Krasnoyarsk, June 24–28, 2024). *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(3). e278. DOI: [10.31251/pos.v7i3.278](https://doi.org/10.31251/pos.v7i3.278) (in Russian with English abstract).



## FUNDING

The conference was organized and held by the Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Siberian Branch of RAS, Krasnoyarsk and Khakassia branches of the V.V. Dokuchaev Society of Soil Scientists and industrial companies “Avgust”, “Nazarovskoye”, “OPKh Solyanskoye”, “Solgon”, “Iskra” as Conference partners.

## REFERENCES

- Budazhapov L.V. Kinetics of immobilization and mineralization of nitrogen pool's formation in cryoarid and permafrost soils: the effect of microbial pool's activity and fundamental laws of thermodynamics. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 12–16. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_12](https://doi.org/10.52686/9785605087878_12)
- Gamzikov G.P. On the prospects of precision agriculture in Siberia. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 10–11. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_10](https://doi.org/10.52686/9785605087878_10)
- Knorre A.A. History and current state of reserve science [Electronic resource]. Section: research and development. Publication date 12 January, 2018. URL: <https://kras-stolby.ru/activity/istoriya-i-sovremennoe-sostoyanie-zapovednoj-n-62/> (accessed on 22.07.2024). (in Russian).
- Kutkina N.V., Chebochakov S.E. Dynamics of changes in soil parameters of post-reclamation lands in the dry steppe of Khakassia. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 32–35. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_32](https://doi.org/10.52686/9785605087878_32)
- Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). The Journal of Soils and Environment. 2023. Vol. 6. No. 2. e215. (in Russian). <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215>
- About National Park “Krasnoyarskie Stolby”. [Electronic resource]. URL: <https://kras-stolby.ru/about/#about> (accessed on 22.07.2024). (in Russian).
- Soils of Krasnoyarsk Krai and Khakassia: guidebook of the excursion dedicated to the All-Russian scientific-practical conference “Problems of soil fertility in modern agriculture” (24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. 56 p. (in Russian).
- Problems of soil fertility discussed in Krasnoyarsk [Electronic resource]. Date of publication 11 July, 2024. URL: [https://ksc.krasn.ru/news/problemy\\_plodorodiya\\_pochv\\_obsudili\\_v\\_krasnoyarske/](https://ksc.krasn.ru/news/problemy_plodorodiya_pochv_obsudili_v_krasnoyarske/) (accessed on 18.07.2024). (in Russian).
- Sorokin I.B., Valetova E.A., Sirotina E.A. Productivity of agrocenosis with regular application of straw and green manure in the Tomsk region. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 24–27. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_24](https://doi.org/10.52686/9785605087878_24)
- Usenko V.I., Garkusha A.A., Litvintseva T.A., Deryanova E.G., Kobzeva I.A., Shcherbakova A.A. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 17–19. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_17](https://doi.org/10.52686/9785605087878_17)
- Sharkov I.N. The basic principles of soil fertility management in the cultivation of grain crops using intensive technologies in Siberia. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 20–23. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_20](https://doi.org/10.52686/9785605087878_20)
- Shpedt A.A. Virgin and fallow lands campaign in Siberia. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 5–9. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_5](https://doi.org/10.52686/9785605087878_5)
- Yakubailik O.E. Information and analytical support for precision farming and agricultural monitoring tasks based on earth remote sensing data and GIS technologies. In book: Problems of soil fertility in modern agriculture: Proceedings

of the International Scientific and Practical Conference devoted to the 70th anniversary of the development of virgin and fallow lands (Krasnoyarsk, 24–28 June, 2024). Krasnoyarsk: FIC KSC SB RAS, 2024. P. 36–39. (in Russian). [https://doi.org/10.52686/9785605087878\\_36](https://doi.org/10.52686/9785605087878_36)

*Received 29 July 2024*

*Accepted 17 September 2024*

*Published 28 October 2024*

**About the authors:**

**Alexander A. Shpedt** – Corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” (Krasnoyarsk, Russia); [shpedtaleksandr@rambler.ru](mailto:shpedtaleksandr@rambler.ru)

**Alexey G. Lipshin** – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” (Krasnoyarsk, Russia); [alipshin@mail.ru](mailto:alipshin@mail.ru)

**Natalya S. Kozulina** – Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Scientific Work of the Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” (Krasnoyarsk, Russia); [kozulina.n@bk.ru](mailto:kozulina.n@bk.ru)

**Taisia V. Nechaeva** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru)

**Natalya V. Gopp** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Laboratory of Geography and Soil Genesis in the Institute of Soil Science and Agrochemistry, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [gopp@issa-siberia.ru](mailto:gopp@issa-siberia.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)