

ПОЧВЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Научный журнал

2023

Том 6. Выпуск 2

ISSN 2618-6802 (online)

Зарегистрирован в Роскомнадзоре: ЭЛ № ФС 77 – 72325 – сетевое издание от 14.02.2018 г.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес издателя и редакции: 630090, Россия, Новосибирская область, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева 8/2, тел.: +7(383) 363-90-35, E-mail: redactor@soils-journal.ru, сайт: <https://www.soils-journal.ru>

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, зав. 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, 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, директор, ФГБНУ Бурятский НИИ сельского хозяйства (Улан-Удэ, Россия)

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

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

Кулижский Сергей Павлович – доктор биологических наук, профессор, проректор по социальным вопросам, 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)

Рожков Вячеслав Александрович – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБУН Почвенный институт им.В.В. Докучаева (Москва, 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, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии почв, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

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

Сысо Александр Иванович – доктор биологических наук, заместитель директора по науке, 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, заведующий лабораторией генезиса почв и радиоэкологии, ФГБУН Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН (Якутск, Россия)

Шарков Иван Николаевич – доктор биологических наук, доцент, руководитель Сибирского НИИ земледелия и химизации СФНЦА РАН (Новосибирск, Россия)

Шпедт Александр Артурович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, директор, 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)

Содержание

Теоретические и прикладные проблемы почвоведения

- Захарова Е.Г., Дергачева М.И., Каллас Е.В., Бажина Н.Л.** Специфика гумусовых профилей чернозёмов левобережья реки Оби в пределах Приобского плато e214
- Хохлова О.С., Сверчкова А.Э., Моргунова Н.Л., Файзуллин А.А., Мякшина Т.Н.** Основные приёмы строительства курганов ямной культуры в Южном Приуралье e213

Органическое вещество и биохимия почв

- Прейс Ю.И., Головацкая Е.А., Кабанов М.М.** Разработка методического подхода к оценке запасов углерода в торфяных месторождениях Западной Сибири e209

Поведение почв и экосистем в пространстве и во времени

- Титлянова А.А., Шибарева С.В., Варакина З.В.** Закономерности изменения величин чистой первичной продукции в евразийских степях e210

Обзоры, дискуссии, памятные даты

- Нечаева Т.В.** Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) e215
- Доброворская Н.И.** Памяти профессора Нины Вячеславовны Семендяевой e212



СПЕЦИФИКА ГУМУСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ЧЕРНОЗЁМОВ ЛЕВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ ОБИ В ПРЕДЕЛАХ ПРИОБСКОГО ПЛАТО

© 2023 Е. Г. Захарова ¹, М. И. Дергачева ¹, Е. В. Каллас ², Н. Л. Бажина ¹

¹ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: zakharova@issa-siberia.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, г. Томск, 634050, Россия. E-mail: ekallas70@gmail.com

Цель исследования: выявить особенности гумусовых профилей чернозёмов левобережной части реки Оби в пределах Приобского плато (юг Западной Сибири) и причины, обусловившие их разнообразие.

Место и время проведения. Юг Западной Сибири (Топчихинский район Алтайского края), северо-восточная часть Приобского плато, степная зона Предалтайской провинции Кулундинско-Алейского округа, ключевой участок «Володарка» на восточной окраине Порозихинско-Алейского увала (52°41'42" с. ш. и 83°38' в. д). Отбор образцов проводился в августе.

Методология. В основе получения и интерпретации материалов лежат принципы и правила системного подхода и экологии почв. Объектами исследования служили приуроченные к разным частям ключевого участка Володарка чернозёмы южные и обыкновенные (по классификации почв 1977 г.; эти классификационные названия почв используются по тексту; согласно новой Классификации почв России (2004), почвы относятся к подтипу миграционно-мицелярных и текстурно-карбонатных; согласно WRB (2022) они находятся в реферативной почвенной группе Chernozems с квалификаторами calcic и siltic. Характеристики гумусовых профилей получены традиционными методами. Все приёмы аналитического и инструментального изучения гумуса и отдельных его компонентов были идентичны. К методическим особенностям исследований относится подробный отбор образцов (каждые 5–10 см или менее в пределах визуальных границ горизонтов) в позднелетний период и отсутствие жёстких приёмов очистки препаратов от минеральных примесей. В настоящей работе понятия «гумус» и «система гумусовых веществ» почв используются как синонимы

Основные результаты. Гумусовые профили чернозёмов изученной территории, функционирующие в настоящее время в одних и тех же условиях, имеют существенное варьирование характеристик, представляя ряд от типичных для таких почв вариантов (когда по сочетанию признаков элементарных гумусообразовательных процессов – ЭГП – четко выделяется верхняя часть с гумификационно-трансформационным типом их структуры и нижняя – с трансформационно-миграционным типом сочетания ЭГП), до разной степени структурной их сложности (когда выделяется несколько частей с разными количественными соотношениями параметров гумусовых веществ при преобладании процессов их самовосстановления на фоне других ЭГП). Основные характеристики изученных погребённых палеопочв лежат в пределах, свойственных почвам, формирующимся в оптимальных для гумусообразования температурных условиях, но разных условиях увлажнения.

Заключение. Существенное различие качественных и количественных характеристик гумусовых профилей чернозёмов левобережья реки Оби в пределах Приобского плато обусловлено как сложной историей развития территории, так и разным уровнем возможностей самовосстановления природной открытой саморегулируемой системы гумусовых веществ, зависящих от экологических условий в период её формирования. В процессе развития территории разные горизонты среднеплейстоценовых почв в разных местах выходили на поверхность, и поэтому обнаруживаются в пределах толщи, обычной для сформированных полнопрофильных современных почв. Преимуществом применения гумусовых профилей при анализе состояния почв и формирующей их природной среды является возможность проведения более детального анализа изменчивости свойств, использования отложений и почв разной сохранности, выявления варьирования параметров природной среды даже в случае очень коротких эпизодов смены одного или нескольких факторов почвообразования или отдельных их характеристик, которые по продолжительности меньше характерного времени, необходимого для формирования морфологической выраженности признака. Представленные в работе материалы и их интерпретация показывают, что получаемая информация о состоянии почв и природной среды на основе изучения гумусовых профилей почв, характеристиками которых могут выступать результаты изучения состава и свойств гумуса, не потеряла своей значимости и может использоваться при решении широкого круга проблем почвоведения, в том числе при мониторинге состояния почв, а также обосновании прогнозов их поведения при изменении экологических условий функционирования.

Ключевые слова: гумусовый профиль; степные почвы; элементарные гумусообразовательные процессы; параметры гумусовых веществ; причины варьирования; Приобское Плато.

Цитирование: Захарова Е.Г., Дергачева М.И., Каллас Е.В., Бажина Н.Л. Специфика гумусовых профилей чернозёмов левобережья реки Оби в пределах Приобского плато // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e214. DOI: [10.31251/pos.v6i2.214](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.214).

ВВЕДЕНИЕ

Решение одной из актуальных проблем современности – поведения почв в меняющейся природной обстановке – предполагает изучение не только почвенного покрова, почвенных выделов, почвенных профилей, но и отдельных почвенных компонентов и их свойств, которые играют значительную роль в создании и поддержании плодородия почв, в регуляции устойчивости биосферы, а также формировании памяти почв. Кроме того, последняя даёт возможность использовать почвы и их компоненты в качестве основы при реконструкции природной среды прошлого локальных и более масштабных территорий.

Почва, согласно активно развиваемой в течение ближайших десятилетий новейшей концепции теоретического почвоведения о памяти почв (Соколов, Таргульян, 1976; Память ..., 2008; Лойко и др., 2011; Таргульян, Бронникова, 2019; Monger, Rachal, 2013; Janzen, 2016; Lapsansky et al., 2016; Aitkenhead et al., 2019; и др.), является таким объектом биосферы, который интегрально отражает и сохраняет во времени в своей структуре, составе и свойствах действие всей совокупности природных факторов. То есть по отношению к природной среде почва характеризуется соответственно сенсорностью и рефлекторностью (Соколов, Таргульян, 1977). Однако, И.А. Соколов (2004, с. 39) подчеркивал, что «можно рассматривать не только рефлекторность почв в целом, но и рефлекторность отдельных свойств, например, климаторефлекторность гумуса...».

В настоящее время почвы, отдельные их компоненты и свойства, а также разнообразные новообразования и включения, широко используются при характеристике природной среды, выявлении ее ретроспективных трендов и оценке поведения при меняющейся климатической обстановке как в отечественной науке (Дергачева и др., 2000, 2006; Якименко и др., 2007; Память..., 2008; Седов и др., 2010; Палеопочвы..., 2012; Хохлова и др., 2015; Бронникова и др., 2018; Дергачева, 2018; Sycheva, Khokhlova, 2016; и др.), так и в зарубежной (Zhang et al., 2006; Holmes et al., 2007; Zech, Glaser, 2008; Zech et al., 2011; Schindler, Hochella, 2015; Mazurek et al., 2016; and many others).

Одним из носителей памяти почв является **система гумусовых веществ (СГВ)**, обладающая (как и почва в целом) сенсорностью и рефлекторностью, и фиксирующая все изменения, происходящие в природной среде, в своём составе, конфигурации и свойствах, а гумусовый профиль почв представляет собой своеобразный «архив», хранящий закодированную информацию о природной среде разных этапов образования почвы, что в конечном итоге даёт представление об эволюции условий формирования последней за период ее образования (Дергачева, 2018). Здесь следует подчеркнуть, что речь идёт о гумусовых профилях как совокупности химически и генетически сопряжённых однородных слоёв (зон) почвы, каждая из которых имеет специфичное сочетание и степень проявления **элементарных гумусообразовательных процессов (ЭГП)**, определяющихся сменой биоклиматических условий в период формирования почвы и соответственно сказывающихся на характере признаков состава, структурных особенностей и свойств гумусовой составляющей почв (Дергачева, 1984). Однородные слои (зоны) практически всегда лежат в пределах морфологически выделяемых горизонтов, но не всегда совпадают с ними. Наиболее вероятно такое совпадение в моногенетичных профилях. В полигенетичных почвах в пределах любого горизонта могут быть выделены один-три и более слоёв (зон), различающихся по сочетанию и интенсивности ЭГП, обусловленных сменой биоклиматической обстановки в течение их формирования. Характеристиками гумусового профиля могут служить любые полнопрофильные показатели системы гумусовых веществ в целом или отдельных их компонентов, например гуминовых кислот, которые могут выступать в качестве маркеров ЭГП. Обязательным условием изучения гумусовых профилей является сплошное подробное вертикальное опробование почвенной толщи с шагом 5–10 см или меньше (в зависимости от решаемых задач) с учетом визуальных границ горизонтов. Исключения составляют профили, нарушенные какими-либо экзогенными процессами, отбор образцов из которых требует индивидуального подхода. Изложенные выше положения и выделенные ЭГП подробно рассмотрены ранее (Дергачева, 1984).

В современной почвенной литературе термин «гумусовый профиль» встречается относительно часто, однако разные авторы вкладывают в это словосочетание разные понятийные объёмы, в большинстве случаев, не приводя их определения (До Дин Шан, 1977; Демкин и др., 1996; Безносиков, Лодыгин, 2012; Черепанова, Самофалова, 2015; Ковалёва и др., 2021; Бараннык, 2016; Pesochina, 2008; Kosaka et al., 2012; и др.). Часто приходится оценивать понятийный объём термина по смыслу статьи. Одни авторы рассматривают гумусовый профиль как сочетание в почвенной толще горизонтов накопления гумуса с индексом А (например, Чендев и др., 2015; Назарова, Попова, 2015; Климова, Дюкарев, 2018; Kovalyova et al., 2021), другие трактуют его как характер распределения общего гумуса и/или его состава во всем профиле почвы (например, Александрова, 1972; Арчегова, 1974; Пономарева, 1974; Орлова, 1979; Песочина, 2017; Смоленцева, 2018; и др.). В случае последнего подхода одни авторы анализируют усреднённые почвенные образцы из морфологически выделяемых горизонтов (как это принято в географии почв) (например, Золотарева, Демкин, 2013; Хавкина, 2004; и др.), другие – в сплошной колонке образцов, отобранных без пробелов на всю глубину профиля (Арчегова, 1974; Пономарева, 1974; Пономарева, Плотникова, 1980; и др.). Также есть работы, в которых понятие гумусового профиля основано на характеристике типов гумуса по Мюллеру (Müller, 1887), то есть на сравнительном постоянстве морфологических признаков и их форм (мор, мулль, модер), и относятся исключительно к лесным почвам (например, Дюшофур, 1970; Чертов, Разумовский, 1980; Чертов, Надпорожская, 2018; Bernier, 1998; Kounda-Kiki et al., 2006; Wachendorf et al., 2023; и др.).

Среди современных публикаций также много работ, в которых гумусовые профили рассматриваются и интерпретируются в рамках концепции, изложенной нами выше и используемой в настоящем исследовании (например, Дергачева, 1990; Каллас, 2004; Свалова, 2005; Каллас, Дергачева, 2007, 2011; Дергачева и др., 2010; Никитич, 2012; Очур, 2012; Учаев, Некрасова, 2012; Новокрещенных, Козырева, 2015, Черепанова, Самофалова, 2015; Некрасова и др., 2016; Каллас и др., 2020; и др.)

Такое разнообразие подходов к понятию гумусового профиля почв и многообразие приёмов их исследования затрудняет проведение необходимых сравнений опубликованных материалов, существенно сказывается на возможностях их обобщения, усложняет их интерпретацию и обуславливает отсутствие полноценных сведений об их специфике для разномасштабных территорий, а также их изменчивости в контексте меняющейся при естественных условиях и антропогенном влиянии природной среды.

Исследование гумусовых профилей с изложенных выше позиций (Дергачева, 1984) с соблюдением стандартности всех методик и приёмов их изучения позволяет выявить трансформации их аналитических количественных параметров в процессе изменения внешней по отношению к почвам природной обстановки, давать более точную диагностику биоклиматических условий формирования и функционирования почв на уровне локальных территорий, а также прогнозировать поведение почв в ближайшем и отдалённом будущем.

Оценка разнообразия гумусовых профилей почв, обусловленного, с одной стороны, общепланетарными изменениями климата и историей развития конкретной территории регионального уровня, а с другой – влиянием местных условий локальных площадей с различающимися экологическими параметрами природной среды, в настоящей работе рассматривается на примере территории, где наблюдается очень большое варьирование морфологических свойств чернозёмов, составляющих основу ее почвенного покрова.

Цель настоящего исследования – выявить особенности гумусовых профилей чернозёмов левобережной части реки Оби в пределах Приобского плато (юг Западной Сибири) и причины, обусловившие их разнообразие.

ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Район исследований приурочен к степной зоне Предалтайской провинции Кулундинско-Алейского округа с преобладанием в почвенном покрове чернозёмов обыкновенных и южных (Карта ..., 2013). Первичное изучение морфологических свойств почв на территории Приобского плато позволило обнаружить, что некоторые его районы характеризуются повышенным варьированием мощности, интенсивности и оттенков окраски, а также других морфологических свойств гумусово-аккумулятивных горизонтов и в целом почвенных профилей целинных чернозёмов, при котором на расстоянии 20–100 м мощность горизонта А₁ может изменяться в пределах от 8–10 см до 40–50 см, и более (Захарова, 2011; Дергачева, Пономарев, 2014).

Учитывая большую ценность этого типа почв, выполняющих в степных экосистемах функцию регуляции их устойчивого состояния, обеспечения плодородия и сохранности информации об условиях формирования, а также сохранившиеся очень небольшие площади их целинных вариантов, на юге Западной Сибири (Топчихинский район Алтайского края) в северо-восточной части Приобского плато вдоль крутого левого берега реки Оби был выделен **ключевой участок «Володарка»**, получивший наименование по находящемуся к северу от него селу с одноименным названием. Этот ключевой участок расположен на восточной окраине Порозихинско-Алейского увала в координатах: 52°41–42' с. ш. и 83°38' в. д. и имеет перепад высот в пределах 140–200 м над уровнем моря. Он охватывает две локальные рядом лежащие территории, примерно по 2 км² каждая, на одной из которых почвы имеют незначительное варьирование морфологических признаков, обусловленное в основном различиями мезо- и микрорельефа, а на другой – существенное варьирование морфологии почв, не связанное с положением их в рельефе (рис. 1).

Климат ключевого участка «Володарка» относится к континентальному типу с коротким и жарким летом, среднегодовой температурой воздуха +1,4 °С, длительным периодом с активными температурами >10 °С, сумма которых составляет около 2500°, невысоким количеством выпадающих за год осадков (около 450 мм в год), высокой испаряемостью – до 560 мм, невысокой влажностью воздуха, длительным морозным зимним периодом, коротким и жарким – летним, а также большими колебаниями температур. Более высокое увлажнение и некоторая сглаженность колебаний температур на ключевом участке по сравнению с остальной территорией Приобского плато обуславливается рекой Обь, которая оказывает здесь смягчающее влияние на климат.



Рисунок 1. Карта-схема местоположения Приобского плато и ключевого участка «Володарка» в Алтайском крае юга Западной Сибири, а также его частей: южного (А) – с незначительным варьированием морфологических признаков почв и северного (Б) – с существенным варьированием.

Первая – южная часть (А) ключевого участка (см. рис. 1) характеризуется преобладанием плакорного рельефа в сочетании с пологими склонами, не превышающими 4–5°, мощных лёссовидных суглинков, выступающих здесь в качестве почвообразующей породы, ковыльно-разнотравных и разнотравно-злаковых сообществ, а также сочетанием распространения преобладающих в почвенном покрове чернозёмов обыкновенных и встречающихся реже чернозёмов южных (по классификации почв 1977 г.). Эти классификационные названия почв будут использоваться в дальнейшем по тексту, поскольку в процессе обсуждения приводимых ниже материалов изучения гумусовых профилей почв для сравнений и/или обобщений были необходимы литературные данные, полученные в течение предыдущих лет, когда повсеместно использовалась классификация и диагностика почв СССР (1977). Отметим также, что согласно новой классификации почв России (2004) рассматриваемые в статье чернозёмы относятся к подтипу миграционно-мицелярных и текстурно-карбонатных, а согласно Мировой реферативной базе почвенных ресурсов IUSS Working Group WRB (2022), они находятся в реферативной почвенной

группе Chernozems с квалификаторами calcic и siltic. Классификация палеопочв не разработана, поэтому их названия будут обозначаться как аналоги современных почв, с которыми в исследованных погребённых почвах совпадают или имеют большую близость критерии органоминеральных параметров, согласно В.Р. Волобуеву (1973).

В южной части заложено более 20 полнопрофильных разрезов, а также серия полуям и прикопок. Вскрытые разрезы почвы сформированы на мощных лёссовых отложениях (рис. 2 А). Почвенный покров отличается здесь невысокой комплексностью и отсутствием влияния грунтовых вод, которые залегают глубже 10 м. Абсолютно преобладают чернозёмы обыкновенные, которые имеют типичный для этих почв профиль: наличие всего комплекса горизонтов, вскипание от 10% HCl с поверхности или в верхней трети гумусово-аккумулятивного горизонта, наличие гипса в почвообразующей породе (иногда – в нижней части профиля), а также карбонатов в виде псевдомицелия и общей интенсивной пропитки. Все горизонты профилей имеют, как правило, суглинистый состав. Мощность гумусированной толщи (горизонты А+АВ) колеблется в пределах 30–50 см, составляя в среднем $40 \pm 4,5$ см. Все профили имеют единую формулу: $A_d - A_{Ca} - AB_{Ca} - B_{Ca} - BC_{Ca} - C_{Ca}$.

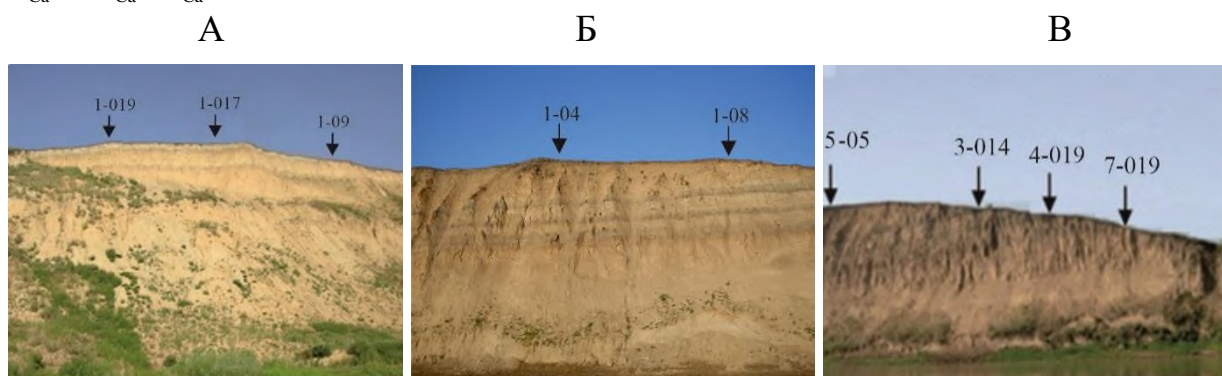


Рисунок 2. Вид со стороны берегового обнажения р. Оби территорий расположения разрезов на ключевом участке «Володарка», где разрезами вскрывались почвы без признаков древнего почвообразования (А и Б) и почвы с признаками древнего почвообразования в пределах профиля (В) (фото М.И. Дергачевой).

Вторая часть территории ключевого участка (в дальнейшем по тексту – северная часть, Б), где преобладают чернозёмы южные, а чернозёмы обыкновенные встречаются реже, отличается наличием равнинного рельефа (рис. 2 Б) и склона, представляющего собой серию уступов с выровненным или пологим мезорельефом (рис. 2 В). Растительность характеризуется настолько большим разнообразием, что на протяжении 50–100 м (в отдельных случаях меньше) растительные ассоциации могут кардинально меняться с типчаково-полынной, например, на тонконогово-полынную или разнотравно-злаковую. Здесь выявлено очень существенное варьирование мощности гумусового горизонта и резкое различие в морфологических свойствах всех горизонтов профилей почв: внутригоризонтная изменчивость окраски или ее оттенков, текстуры, структуры, плотности, форм карбонатов, глубины и интенсивности вскипания от 10% HCl, присутствие в профиле на разной глубине ещё одного-двух гумусированных горизонтов и др. (Захарова, 2011; Дергачева, Пономарев, 2014; Дергачева и др., 2020). У ряда почв (рис. 2 Б) профиль имеет типичную для чернозёмов формулу: $A_d - A_{Ca} - AB_{Ca} - B_{Ca} - C_{Ca}$, хотя все они отличаются меньшей мощностью горизонта А+АВ (36 ± 2 см), чем в почвах южной части ключевого участка.

В северной части ключевого участка (рис. 2 В) также вскрыты полнопрофильными разрезами, полуямами и прикопками почвы (около 25 объектов), морфологические характеристики которых разнообразны, что проявляется в неоднозначности формулы профилей. Так, обобщение имеющихся описаний позволило выявить, что здесь мощность толщи с гумусовой пропиткой (горизонты А+АВ) колеблется от 8–10 см до 50–60 см (в редких случаях больше). Есть разрезы, вскрывающие почвы с мощным гумусовым горизонтом, который даже визуально требует разделения его на подгоризонты А', А'', а иногда и А''', и тогда формула профиля может приобретать следующий вид: $A_d - A'_{Ca} - A''_{Ca} - (A'''_{Ca}) - AB_{Ca} - B_{Ca} - BC_{Ca} - C_{Ca}$. В ряде случаев глубже горизонтов B_{Ca} или BC_{Ca} четко выделяется погребённый гумусовый горизонт [А], который лежит соответственно на горизонте [BC] или лёссовидной породе. При этом современный гумусовый горизонт в отдельных разрезах не подразделяется на подгоризонты, иногда отсутствует горизонт АВ, а горизонт [А] в разных

случаях имеет разную мощность и визуально представлять собой один – три подгоризонта. Формула профиля при этом варьирует, но его можно описать обобщённо следующим образом (в круглых скобках указаны горизонты, присутствующие только в некоторых разрезах, в квадратных – горизонты палеопочв; обращаем внимание, что, в отличие от современных, обозначение номера палеопочв по правилам производится снизу вверх от более древней по возрасту к более молодой): $Ad_{Ca} - A_{Ca} (A'_{Ca} - A''_{Ca}) - (AB_{Ca}) - B_{Ca} - BC_{Ca} - [A (A'', A', AB')] - [BC_{Ca}] [C_{Ca}]$. Самые сложные и существенно различающиеся формулы почвенных профилей имеют почвы, в которых обнаруживается присутствие совокупности разных горизонтов древних почв, например:

$$Ad_{Ca} - A_{Ca} - AB_{Ca} - B_{Ca} - BC_{Ca} - [A_{Ca}]'' - [AB_{Ca}]'' - [A_{Ca}]' - [AB_{Ca}]' - [BC_{Ca}]' - [C_{Ca}]';$$

$$Ad_{Ca} - A'_{Ca} - A''_{Ca} - BC_{Ca} - [A_{Ca}]'' - [AB_{Ca}]'' - [A_{Ca}]' - [AB_{Ca}]' - [BC_{Ca}]' - [C_{Ca}]'$$

$$Ad_{Ca} - A_{Ca} - [BC_{Ca}]''' - [BA_{Ca}] - [A_{Ca}]'' - [AB_{Ca}]'' - [A_{Ca}]' - [AB_{Ca}]' - [BC_{Ca}]' - [C_{Ca}]'.$$

Во многих разрезах современный гумусовый горизонт лежит, как и в последнем случае, на палеогоризонте $[BC_{Ca}]$, глубже которого выявляются мощные гумусированные толщи.

Для анализа специфики гумусовых профилей почв в настоящей работе обсуждаются представители наиболее часто встречающихся вариантов, практически охватывающих основное их разнообразие на территории ключевого участка.

Таким образом, *объектами настоящего исследования* служат чернозёмы левобережья реки Оби в пределах Приобского плато, приуроченные к разным частям ключевого участка Володарка, а *предметом* – специфика их гумусовых профилей.

Методы, использованные в настоящей работе, являются традиционными: содержание общего органического углерода определялось окислением бихроматом калия при нагревании до 150°C (Тюрин, 1937), состав гумуса – по методике В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой в модификации 1968 года (Пономарева, Плотникова, 1980). Все приёмы аналитического и инструментального изучения гумуса и отдельных его компонентов были также идентичны. К методическим особенностям исследований относится подробный отбор образцов (каждые 5–10 см или менее в пределах визуальных границ горизонтов), проводившийся в разные годы в позднелетний период, как рекомендовано ранее (Дергачева, 1984), а также отсутствие жёстких приёмов очистки препаратов от минеральных примесей с использованием смеси HF и HCl или 6 н. HCl, которые существенно меняют их состав и свойства (Тихова и др., 2008). Визуализация результатов исследования состава гумуса почв осуществлялась с помощью гумусовых профилограмм, которые строились по специальной программе в Origin, согласно принципу, предложенному одним из авторов (Дергачева, 1984). Изображения гумусовых профилей удобочитаемы, наглядно показывают особенности изменений отдельных характеристик, а их сравнение облегчает выявление между ними сходства и различий. Статистическая обработка данных проводилась согласно рекомендациям Е.А. Дмитриева (1995), с использованием программы Statistica-8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Материалы изучения гумусовых профилей целинных чернозёмов северо-восточной части Приобского плато представляют, прежде всего, интерес для исследователей, изучающих состояние и эволюцию почв и природной среды их формирования (в том числе климата) при современной интенсивности прессинга на экосистемы, разрабатывающих прогнозы поведения компонентов последних в ближайшем и отдалённом будущем, а также осуществляющих мониторинг земель, которые испытывают влияние антропогенных нагрузок, с целью создания и поддержания устойчивого их плодородия.

Анализ и сравнение гумусовых профилограмм почв, сформированных в разных частях обсуждаемого ключевого участка Володарка, имеющих аналогичные морфологические свойства и, соответственно, одинаковые формулы профиля, показал, что они выделяются близкими характеристиками распределения всех компонентов системы гумусовых веществ, но различаются количественными величинами отдельных показателей (рис. 3, 4). Так, гумусовые профили черноземных почв, расположенных в южной части ключевого участка и вскрытых разрезами 1-09, 1-017, 1-019 (рис. 3 А–В), а также распространённых в северной его части (разрезы 1-04, 1-08, рис. 4 А–Б) характеризуются аккумулятивным характером распределения общего органического углерода (рис. 3 а, 4 а) и наличием двух различающихся частей профиля: верхней – с преобладанием гуминовых кислот, значительной долей гуматов кальция в них, аккумуляцией основной массы бурых гуминовых кислот, выделяемых 0,1 н. NaOH при непосредственной их экстракции без предварительного декальцирования почв, с незначительной долей фульвокислот, а также

равномерным (или слабо флуктуирующим) содержанием их наиболее подвижных форм, и нижней – с равномерно-убывающим характером распределения гуминовых кислот и их преобладающей фракции – гуматов кальция, отсутствием бурых ГК, постепенно увеличивающимся количеством фульвокислот с возрастанием в них доли наиболее подвижной фракции 1а (рис. 3 б-з, 4 б-з).

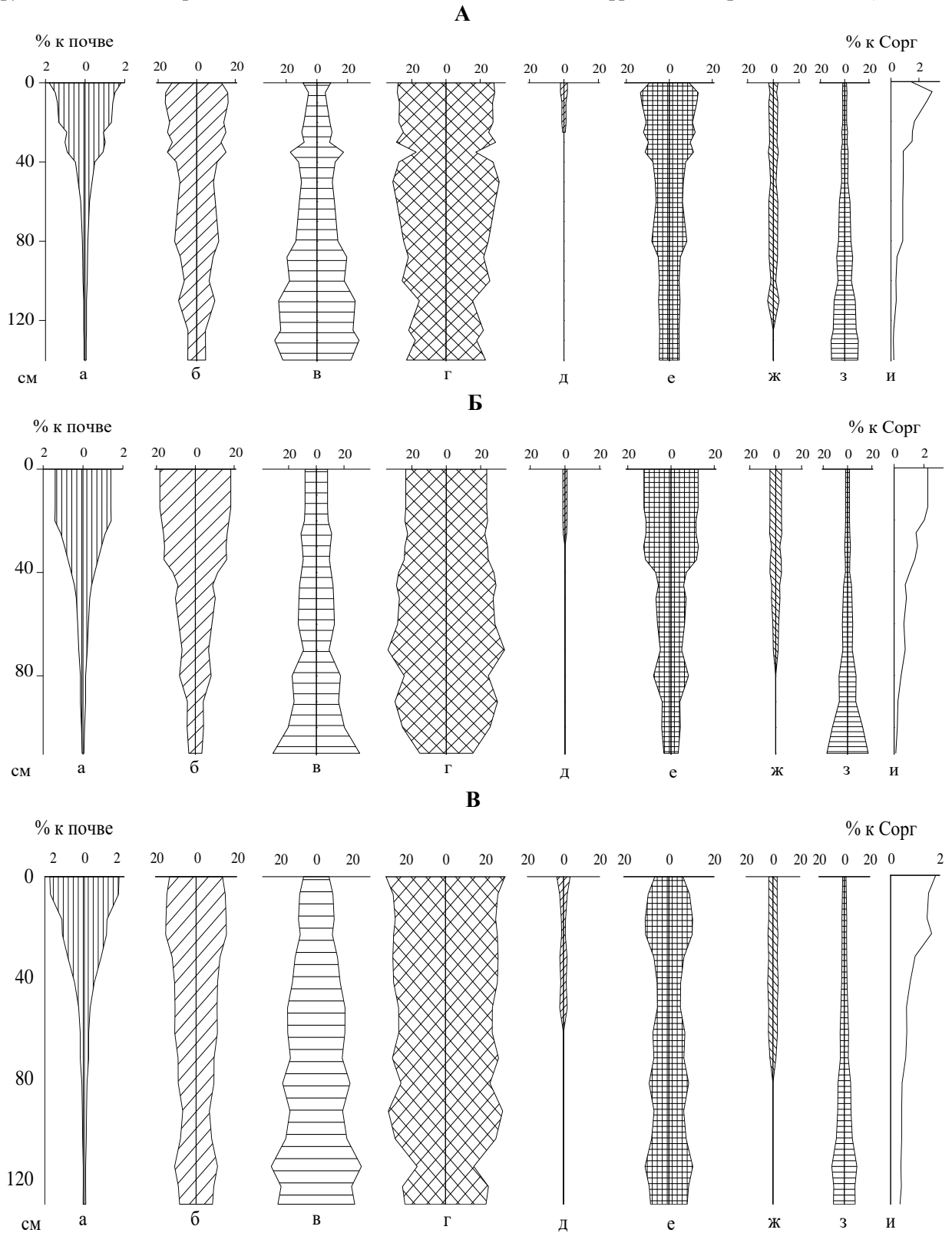


Рисунок 3. Гумусовые профили чернозёмов южной части ключевого участка Володарка: А – р. 1-017; Б – р. 1-19; В – р. 1-09. Условные обозначения: а – содержание органического углерода, % к почве; содержание групп и фракций гумусовых веществ, % к общему углероду: б – гуминовые кислоты (ГК), в – фульвокислоты (ФК), г – негидролизующие формы гумуса, д – ГК фракции 1, е – ГК фракции 2, ж – ГК фракции 3, з – ФК фракции 1а, и – Сгк:Сфк.

Содержание негидролизуемых форм гумусовых веществ во всех горизонтах занимает наибольшую долю в составе гумуса во всех профилях почв, о чем дают наглядное представление приводимые в качестве примеров профилиграммы типичных представителей описываемых почв (рис. 3 г, 4 г). Тип гумуса также изменяется по профилю от гуматного ($S_{ГК}:S_{ФК}$ около или больше 2,0) через фульватно-гуматный и гуматно-фульватный (когда в разных пропорциях в его составе находятся как гуминовые, так и фульвокислоты) до постепенного превращения в фульватный тип в нижних горизонтах профиля, когда в составе гумуса фульвокислоты преобладают над гуминовыми более, чем в два раза. При рассмотрении гумусовых профилей с позиций сочетания ЭПП, подробно изложенных в (Дергачева, 1984), можно отметить, что верхняя часть может быть определена как гумификационно-трансформационная (в ней имеет место процесс гумификации и образования бурых гуминовых кислот, а также трансформация продуктов гумификации в преобладающую (типовую) их форму), нижняя – как трансформационно-миграционная, в которой процессы миграции продуктов гумификации существенно преобладают над остальными.

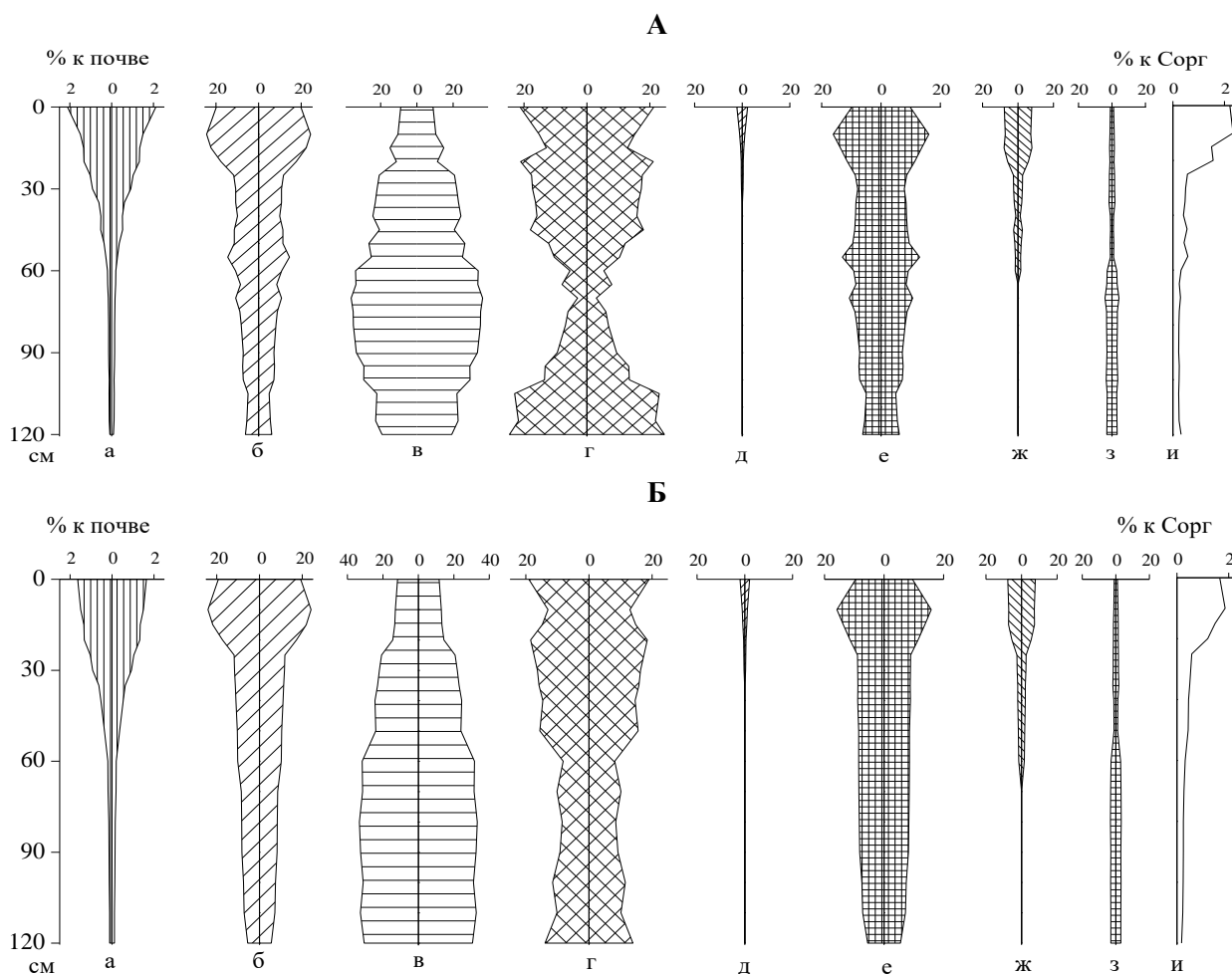


Рисунок 4. Гумусовые профили чернозёмов, сформированных на лёссовидных суглинках в северной части ключевого участка Володарка: А – р. 1-04Д; Б – р. 1-06. Условные обозначения см. рис. 3.

Анализ особенностей гумусовых профилей, со сложным морфологическим строением почв, рассматриваемый на примере четырёх гумусовых профилиграмм, отражающих разные по морфологии, набору горизонтов и горизонтной структуре в пределах каждого индивидуального почвенного профиля, показал, что варьирование свойств почвенных профилей особенно четко проявляется при сравнении их на уровне гумусовых профилей (рис. 5).

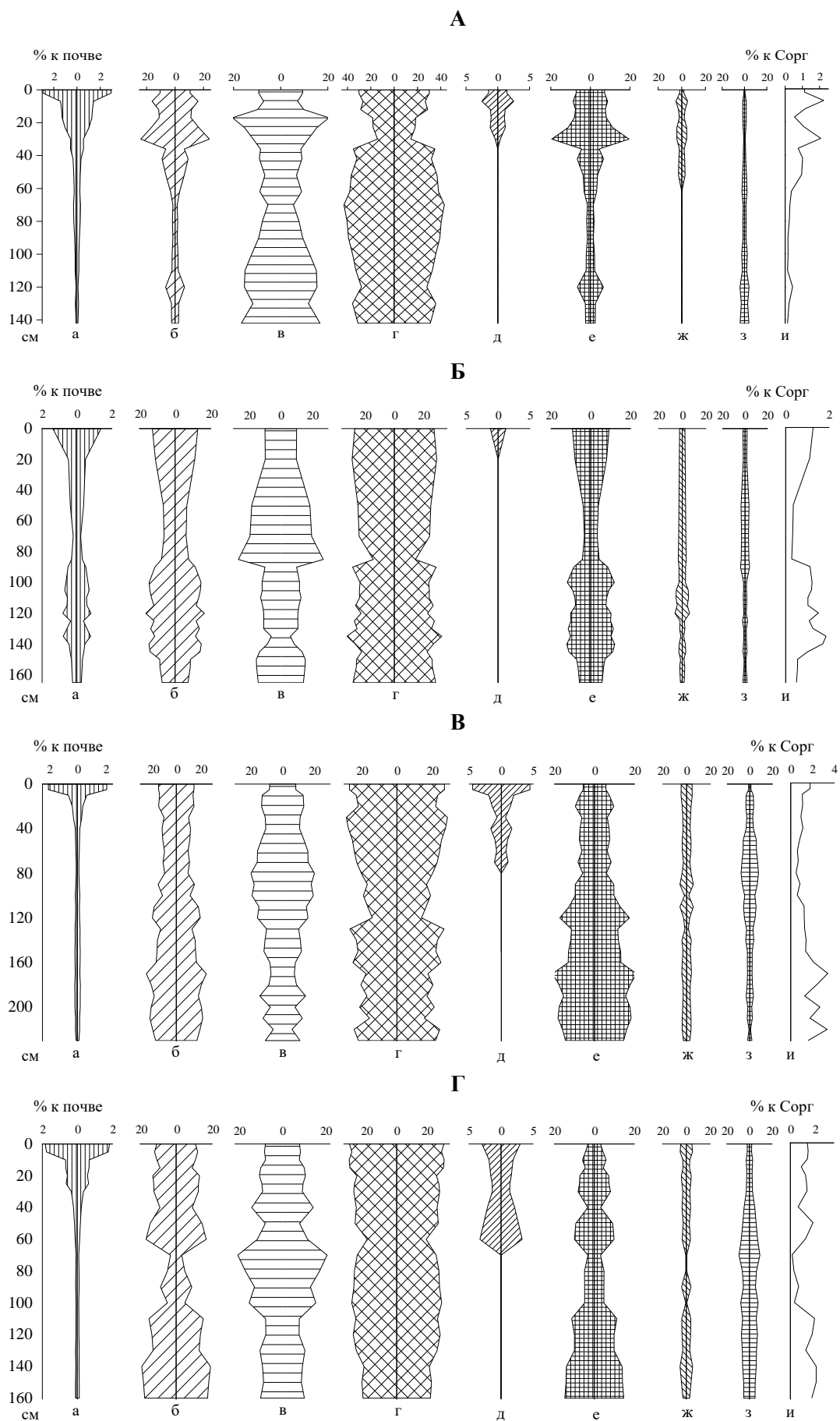


Рисунок 5. Гумусовые профили почв со сложным строением, разрезы: А – 5-05, Б – 3-014, В – 4-019, Г – 7-019. Условные обозначения см. рис. 3.

Так, в почвенном профиле разреза 5-05 в верхней части морфологически выделяется гумусовый горизонт мощностью около 60 см, деление которого на подгоризонты визуальное затруднено, но по данным, характеризующим гумусовый профиль, эта толща четко подразделяется на два горизонта с разными количественными характеристиками: неодинаковой долей гуминовых кислот, фульвокислот и негидролизующих форм гумуса, а также всех фракций ГК и разным соотношением их с ФК (рис. 5 А). Кроме того, на глубине около 120 см выявлено еще одно относительное накопление гуминовых кислот и увеличение $C_{гк}:C_{фк}$, хотя и незначительное как по величине, так по мощности гумусового горизонта. Гумус здесь имеет гуматно-фульватный тип

Следующие три гумусовых профиля почв (рис. 5 Б–Г), вскрытых разрезами на выходах к поверхности разных горизонтов строенного среднеплейстоценового педокомплекса, имеют значительно варьирующие характеристики, зависящие от того, присутствие какой из палеопочв обнаруживается в анализируемых толщах. Местоположение разрезов и связи их с выходами к поверхности палеопочв можно уточнить по снимкам береговых обнажений и фиксации на них расположения анализируемых разрезов, представленных ранее (см. рис. 2).

Гумусовый профиль почвы, вскрытой разрезом 3-014, согласно комплексу характеристик, четко подразделяется на две части: верхнюю – аналогичную по распределению разных показателей состава и свойств гумуса рассмотренным выше типичным профилям чернозёмов, распространённым на участке Б, и нижнюю, существенно отличающуюся параметрами гумусовой составляющей почв.

Верхняя часть характеризуется резким сокращением количества общего органического углерода ($C_{орг}$) и доли ГК (среди которых преобладают гуматы кальция) при переходе от горизонта А к АВ, дальнейшим постепенным его сокращением до глубины 80–85 см (где находится кровля одной из погребённых палеопочв), а также очень небольшой мощностью толщи, где идёт процесс интенсивного гумусообразования и присутствуют бурые гуминовые кислоты. С позиций сочетания в этой части гумусового профиля элементарных гумусообразовательных процессов ее также можно отнести к гумификационно-трансформационному типу. Выявленный в этой части профиля фульватно-гуматный состав гумуса, лежит в пределах, характерных для чернозёмов южных Западно-Сибирского региона (Дергачева, 1984, Клёнов, 2000).

Нижняя часть гумусового профиля, четко выделяемая в этой почве морфологически по потемнению окраски, увеличению плотности и некоторому утяжелению гранулометрического состава, отличается относительно высоким содержанием $C_{орг}$: его количество округлённо лежит в пределах от 1 до 1,6%. Такая высокая аккумуляция общего органического углерода не характерна для плейстоценовых палеопочв, в большинстве которых ее величина на порядок и более ниже, чем в аналогах современных почв (Глазовская, 1956; Дергачева, Зыкина, 1988).

В этой части гумусового профиля выявлены две палеопочвы, кровли которых, судя по аккумуляции, соотношению и распределению разных групп и фракций гумусовых веществ, приурочены к глубинам 85 и 115 см (рис. 5 Б). Учитывая установленный факт снижения количества органического углерода в диагенезе и отсутствие поступления свежих источников для гумусообразования (Глазовская, 1956; Дергачева, Зыкина, 1988), высокое содержание в них общего органического углерода позволяет предположить, что в период функционирования палеопочв на дневной поверхности, природная обстановка была оптимальной для гумусообразования и они были более высокогумусированными, чем современные степные почвы.

Наиболее древняя, нижняя от поверхности палеопочва, отличается некоторой неоднородностью состава гумуса: здесь выявлено два разной мощности, но с близким уровнем аккумуляции гумусовых веществ слоя, которые различаются долевым участием гуминовых кислот и фульвокислот и их соотношением. Однако, величина последнего в обоих случаях лежит в пределах градаций, характерных для гуматного типа гумуса ($C_{гк}:C_{фк} > 1,5$). Наличие таких толщ с максимальными долями ГК (до 33%) и минимальными – ФК (12%), а также с гуматным типом гумуса свидетельствует о более благоприятной для гумусо- и почвообразования, природной обстановке, чем современная, когда типовая принадлежность гумуса почв не переходит границ фульватно-гуматной градации.

Вторая погребённая почва, расположенная выше (85–115 см), судя по совокупности характеристик групп и фракций гумусовых веществ, формировалась в термических условиях, близких современным, так как их характеристики близки (рис. 5 Б). В то же время при изучении физико-химических свойств почвы, вскрытой разрезом 3-014, было обнаружено относительно высокое содержание в почвенном поглощающем комплексе катиона магния ($7,5-9,5$ ммоль $\cdot 100$ г⁻¹ почвы), что при общей сумме катионов кальция и магния в $13,5-15$ ммоль $\cdot 100$ г⁻¹ почвы), может

указывать на былую солонцеватость палеопочв, а превышение последнего над первым может свидетельствовать в пользу палеогидроморфизма. Вполне возможно, что описанная палеопочва в период своего функционирования как дневной почвы развивалась по типу лугово-чернозёмных, поскольку основные характеристики гумусовой составляющей этой палеопочвы лежат в градациях степного типа почвообразования. О возможном гидроморфизме можно судить также по мощному четко проявляющемуся в береговом обнажении железистому горизонту, лежащему под горизонтом повышенного накопления гумуса.

Таким образом, палеопочвы, вскрытые разрезом 3-014, отличаются повышенной остаточной гумусированностью, гуматным и фульватно-гуматным типом гумуса, а среди ЭПП в них преобладают процессы фрагментарного и матричного обновления или матричного самовосстановления гумусовых веществ за счёт дериватов разлагающихся гумусовых веществ и, возможно, мигрирующих фульвокислот. Термические условия почвообразования этих палеопочв в период их образования были благоприятными и даже оптимальными для гумусонакопления, а увлажнённость, скорее всего, была неоднозначной: характеристики нижней, самой древней в этом разрезе почвы соответствуют современным аналогам, развивающимся по чернозёмному типу, а лежащей выше – к чернозёмным почвам, испытывающим повышенное влияние увлажнения.

Много общего, и в то же время различий, выявлено в гумусовых профилях почв, вскрытых разрезами 4-019 и 7-019. Эти разрезы расположены в месте выхода близко к поверхности палеопочв, соответственно второй и третьей из рассматриваемого среднеплейстоценового педокомплекса (см. рис 2 В), и поэтому как морфологический, так и гумусовый профиль имеют сложное строение и варьирующие характеристики. И хотя в обеих почвах, согласно полученным данным, можно выделить, как и в предыдущем случае, верхнюю и нижнюю части, они существенно различаются и по распределению общего органического углерода и по всем остальным характеристикам гумусовых профилей, отражая специфику сочетания ЭПП в каждой из них.

Почва, вскрытая разрезом 4-019, имеет высокое, превышающее менее или более 1%, содержание общего органического углерода только в верхней 10-см толще. Ниже происходит резкое его сокращение, которое до глубины 80–90 см (где морфологически начинается потемнение окраски горизонта, усиливающееся книзу, и переходящее на глубине 160 см в четко выраженный палеогоризонт накопления гумуса) постепенно снижается до величины менее 0,2% (рис. 5 В, а). Верхняя часть вскрытой почвенной толщи имеет черты, типичные для современных черноземов южных этого района исследования: преобладание ГК над ФК и гуматный тип гумуса, который с глубиной в этой части профиля постепенно сменяется на фульватно-гуматный, а затем – на гуматно-фульватный. Свидетельство современного процесса гумификации – содержание и распределение бурых гуминовых кислот до 70–80 см, и преобладание в составе типовых ГК – черных их форм, позволяет отнести эту часть профиля по сочетанности ЭПП к гумификационно-трансформационному типу. Нижняя часть гумусового профиля этой почвы отличается существенной неоднородностью, которая фиксируется изменением долей основных групп гумусовых веществ, а также высоким содержанием и преобладанием черных форм гуминовых кислот, наличие которых свидетельствует о благоприятном термическом режиме во время формирования этих почв. Флуктуации характеристик гумусового профиля в этой части разреза, возможно, связаны с процессами экзогенеза, но все параметры соотношения $S_{гк}:S_{фк}$ кислот к углероду фульвокислот лежат в пределах, характерных для черноземообразования. Хорошая сохранность здесь гуминовых кислот и относительно повышенная доля свободных фульвокислот позволяет предполагать, что основными ЭПП в этой части профиля являются процессы фрагментарного и матричного обновления или матричного самовосстановления гумусовых веществ за счёт дериватов разлагающихся гумусовых веществ и, возможно, мигрирующих фульвокислот.

Ещё сложнее оказались характеристики гумусового профиля почвы, вскрытой разрезом 7-019. Здесь даже верхняя часть профиля (0–40 см) имеет не характерный для типичных почв чернозёмной зоны вид: гумусово-аккумулятивная толща практически не дифференцирована по качеству гумуса и величина интегрального показателя ($S_{гк} : S_{фк}$) одинакова как в маломощном горизонте А1, так и, судя по положению, АВ. Хотя величина этого показателя лежит в пределах, характерных для почв чернозёмного ряда. Вполне возможно, что эта часть гумусового профиля имеет палеогенетическое происхождение. Однозначный ответ на этот вопрос требует более широкого обсуждения с привлечением результатов дополнительных исследований.

Как и в предыдущих разрезах, верхнюю часть гумусового профиля можно отнести к гумификационно-трансформационному типу, а нижнюю – к аналогам, с преобладанием процессов

саморегуляции и самовосстановления, присущим всем природным системам открытого типа, каковыми являются гумусовые вещества.

Таким образом, рассмотренные гумусовые профили палеопочв исследуемой территории отличаются внутрипрофильной неоднородностью характеристик, разной степени изменчивостью количественных параметров гумусовых веществ и их соотношений, которые в целом лежат в пределах, характерных для почв степных условий почвообразования с разной степенью увлажнённости: кроме современного, во вскрытых толщах выделяется ещё один – три относительно мощных горизонта с повышенной гуматностью гумуса, что подтверждается, в том числе, и морфологическим обликом почв.

Одной из основных причин существенного варьирования свойств гумусовых профилей палеопочв степных участков северо-восточной части Приобского плато является выход на дневную поверхность различных горизонтов разновозрастных древних почв, выступающих как подстилающая порода современных почв, другой – разный уровень возможностей самовосстановления системы гумусовых веществ, результаты которой зависят от тех условий природной среды, в которой изначально формировалась гумусовая составляющая почв, представляющая собой природную диссипативную саморегулируемую систему.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ и сопоставление полученных материалов, характеризующих гумусовые профили современных чернозёмов на территории северо-восточной части Приобского плато, показал, что они имеют существенное варьирование характеристик, представляя ряд от типичных для таких почв вариантов (когда по сочетанию признаков элементарных гумусообразовательных процессов (ЭГП), четко выделяется верхняя часть с гумификационно-трансформационным типом их структуры и нижняя – с трансформационно-миграционным типом сочетания ЭГП) до разной степени структурной их сложности (когда выделяется несколько частей с разными количественными соотношениями параметров гумусовых веществ, при преобладании процессов их самовосстановления на фоне других ЭГП).

Преимуществом применения гумусовых профилей при анализе состояния почв и формирующей их природной среды является возможность проведения более детального анализа изменчивости свойств, использования отложений и почв разной сохранности, выявления варьирования параметров природной среды даже в случае очень коротких эпизодов смены одного или нескольких факторов почвообразования или отдельных их характеристик, которые по продолжительности меньше характерного времени, необходимого для формирования морфологической выраженности признака.

Выявлено, что существенное различие качественных и количественных характеристик гумусовых профилей чернозёмов левобережья реки Оби в пределах Приобского плато обусловлено сложной историей развития территории, в процессе которой разные горизонты среднеплейстоценовых почв в разных местах выходили на поверхность, и поэтому обнаруживаются в пределах толщи, обычной для сформированных полнопрофильных современных почв, а также разным уровнем возможностей самовосстановления природной диссипативной саморегулируемой системы гумусовых веществ, зависящей от экологических условий в период её формирования.

Представленные в работе материалы и их интерпретация показывают, что получаемая информация о состоянии почв и природной среды на основе изучения гумусовых профилей почв, характеристиками которых могут выступать результаты изучения состава и свойств гумуса, не потеряла своей значимости и может использоваться при решении широкого круга проблем почвоведения, в том числе при мониторинге состояний почв, обосновании прогнозов их поведения при изменении экологических условий функционирования, а также разработке моделей управления почвенным плодородием.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Александрова Л.Н. Изучение процессов гумификации растительных остатков и природы новообразованных гумусовых кислот // Почвоведение. 1972. № 7. С. 37–45.

Арчегова И.Б. О гумусовых профилях некоторых таёжных и тундровых почв Европейской части СССР // Почвоведение. 1974. № 3. С. 23–28.

- Бараннык А.В. Особенности формирования гумусового профиля горно-лугово-буроземных почв (Cambic Umbrisols) Украинских Карпат // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2016. № 25 (246). Выпуск 37. С. 103–113.
- Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д. Фракционно-групповой состав гумуса криогенных поверхностно-глеевых и гидроморфных почв большеземельской тундры // Вестники Санкт-Петербургского университета. Сер. 3. 2012. Вып. 1. С. 107–120.
- Бронникова М.А., Агатова А.Р., Лебедева М.П., Непоп Р.К., Конопляникова Ю.В., Турова И.В. Запись голоценовых изменений ландшафтов высокогорий юго-восточного Алтая в почвенно-литологической серии долины р. Богуты // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1413–1430. DOI: 10.1134/S0032180X18120031.
- Волобуев В.Р. Система почв мира. Баку: Изд-во Элм, 1973. 308 с.
- Глазовская М.А. Погребенные почвы, методы их изучения и их палеографическое значение // Вопросы географии. Москва-Ленинград, 1956. С. 59–68.
- Демкин В.А., Дергачева М.И., Борисов А.В., Рысков Я.Г., Олейник С.А. Позднеголоценовая динамика палеоэкологических условий на юге Волго-Донского междуречья // Древности Волго-Донских степей в системе Восточно-Европейского бронзового века. Волгоград: Перемена, 1996. С. 33–37.
- Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 155 с.
- Дергачева М.И. Эколого-генетическая значимость гумусового профиля почв // Роль органического вещества в формировании почв и их плодородии. Москва: Изд-во Почв. Ин-та им. В.В. Докучаева, 1990. С. 20–27.
- Дергачева М.И. Система гумусовых веществ как основа диагностики палеопочв и реконструкции палеоприродной среды. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. 292 с.
- Дергачева М.И., Вашукевич Н.В., Гранина Н.И. Гумус и голоцен-плиоценовое почвообразование в Предбайкалье. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 204 с.
- Дергачева М.И., Деревянко А.П., Феденева И.Н. Эволюция природной среды Горного Алтая в позднем плейстоцене и голоцене: (реконструкция по признакам педогенеза). Новосибирск: Изд-во Ин-та археологии и этнографии СО РАН, 2006. 143 с.
- Дергачева М.И., Зыкина В.С. Органическое вещество ископаемых почв. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 128 с.
- Дергачева М.И., Кулижский С.П., Никифоров А.Н., Захарова Е.Г. Физические свойства почв с признаками древнего педогенеза Барнаульского Приобья (Алтайский край, Россия) // Региональные геосистемы 2020. Т. 44. № 4. С. 446–461. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-446-461.
- Дергачева М.И., Ондар Е.Э., Захарова Е.Г. Гумусовые профили горно-каштановых почв сложной катены (Центральная Тува) // Сибирский экологический журнал. 2010. Т. 17. № 3. С. 429–436.
- Дергачева М.И., Пономарев С.Ю. Морфогенетические особенности почв с древними признаками почвообразования восточной части Приобского плато // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. 6 (167). С. 207–212.
- Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. Москва: Издательство МГУ, 1995. 320 с.
- До Дин Шан. Характеристика некоторых типов гумусового профиля подзолистых лесных почв Ленинградской области // Почвоведение. 1977. № 6. С. 14–22.
- Дюшофур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв. Москва: Прогресс, 1970. 591 с.
- Захарова Е.Г. Варьирование свойств в верхней части современных почв и поверхностных палеопочв ключевого участка Володарка (Барнаульское Приобье) // Материалы II Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению «Палеопочвы – хранители информации о природной среде прошлого». Новосибирск: ООО «Талер-Пресс», 2011. С. 91–94.
- Золотарева Б.Н., Демкин В.А. Гумус палеопочв археологических памятников сухих степей Волго-Донского междуречья // Почвоведение. 2013. № 3. С. 291–301. DOI: 10.7868/S0032180X13030143.
- Каллас Е.В. Гумусовые профили почв озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины. Новосибирск: Изд-во «Гуманитарные технологии», 2004. 170 с.
- Каллас Е.В., Дергачева М.И. Гумусовый профиль почв как отражение стадийности почвообразования // Сибирский экологический журнал. 2007. Т. 14. № 5. С. 711–719.

- Каллас Е.В., Дергачева М.И. Гумусовые профили почв Сибири разных условий почвообразования // Сибирский экологический журнал. 2011. Т. 18. № 5. С. 633–640.
- Каллас Е.В., Пак Т.С., Родикова А.В. Гумусовые профили кедровых лесов Томь-Яйского междуречья // Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования кафедры почвоведения. Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина; Омское отделение МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Омск: 2020. С. 24–28.
- Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / Науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урушевская. М.: «Талка+», 2013.
- 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.
- 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.
- Клёнов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. 176 с.
- Климова Н.В., Дюкарев А.Г. Формирование гумусового профиля почв в длительно-производных лесах васюганской равнины (Западная Сибирь) // Почвы и окружающая среда. 2018. Т. 1. № 4. С. 218–230. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v1i4.47>.
- Ковалёва Е.В., Вагурин И.Ю., Акинчин А.В., Кузьмина О.С., Тетерядченко А.И. Изучение мощности гумусового профиля почвенных катен центральной лесостепи // Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 16–20. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp16-20>.
- Лойко С.В., Герасько Л.И., Кулижский С.П. Группировка носителей почвенной памяти (на примере северной части ареала черневых экосистем) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011. № 3 (15). С. 38–49.
- Назарова А.В., Попова Е.А. Лабильные формы гумусовых веществ в гумусовых профилях пахотной и залежных дерново-подзолистых суглинистых почв // Агрономия и биология. 2015. С. 101–104.
- Некрасова О.А., Дергачева М.И., Учаев А.П., Бажина Н.Л. Сарыкульские палеопочвы отложений Миасского карьера (Южный Урал) с позиций палеопедологии // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2016. 4 (36). С. 6–20. DOI: 10.17223/19988591/36/1.
- Никитич П.А. Изменчивость признаков педогенеза в гумусовом профиле голоценовых почв как отражение условий природной среды его формирования // Почвы, палеопочвы и формирующая их природная среда: Материалы III Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению «Палеопочвы – хранители информации о природной среде прошлого». Новосибирск: ЗАО «ОФСЕТ», 2012. С. 91–97.
- Новокрещенных Т.А., Козырева К.В. Гумусовые профили лугово-черноземных почв кластерного участка «Озеро Беле» заповедника «Хакасский» // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. Сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск: Изд. Дом Томского государственного университета, 2015. С. 68–72.
- Орлова Н.Е. Некоторые диагностические признаки гумусовых профилей почв на переходе от дерново-подзолистых к бурым лесным // Бюл. Почв. ин-та ВАСХНИЛ. М., 1979. № 20. С. 6–10.
- Очур К.О. Условия формирования реликтовых гумусовых горизонтов почв долины реки Улуг-Хондергей // Почвы, палеопочвы и формирующая их природная среда: Материалы III Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению «Палеопочвы – хранители информации о природной среде прошлого». Новосибирск, 2012. С. 103–111.
- Палеопочвы, природная среда и методы их диагностики. Новосибирск: ЗАО «Офсет», 2012. 264 с.
- Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 692 с.
- Песочина Л. С. Закономерности педогенеза в степях Приазовья во второй половине голоцена по данным почвенно-археологических исследований // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2017. Т. 3 (69). № 3. Ч. 1. С. 192–204.
- Пономарева В.В. О генезисе гумусового профиля чернозёма // Почвоведение. 1974. № 7. С. 22–25.
- Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Ленинград: Наука, 1980. 222 с.

Свалова А.В. Гумусовые профили чернозёмов юга Западной Сибири. В сборнике: Вестник Томского государственного университета. Материалы III Всероссийской научной конференции «Современные проблемы почвоведения и оценки земель Сибири», посвящённой 75-летию со дня основания кафедры почвоведения Томского государственного университета. Томск: Издание Томского государственного университета, 2005. Приложение 15. С. 11–13

Седов С.Н., Хохлова О.С., Сеницын А.А., Коркка М.А., Русаков А.В., Ортега Б., Соллейро Э., Розанова М.С., Кузнецова А.М., Каздым А.А. Позднеплейстоценовые палеопочвенные серии как инструмент локальной палеогеографической реконструкции (на примере разреза Костенки 14) // Почвоведение. 2010. № 8. С. 938–955.

Смоленцева Е.Н. Региональные и зонально-провинциальные особенности чернозёмов Западной Сибири // Почвы в биосфере: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвящённой 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. 10–14 сентября 2018 г., г. Новосибирск / отв. ред. А.И. Сысо. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. Ч. I. С. 105–110.

Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / Изд. 2-е, испр. и доп. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 288 с.

Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент // Изучение и освоение природной среды. Москва: Изд. ин-та географ. АН СССР, 1976. С. 150–164.

Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: рефлекторность и сенсорность почв // Системные исследования природы. Вопросы географии. Сб. 104. Москва: Мысль, 1977. С. 153–170.

Таргульян В.О., Бронникова М.А. Память почв: теоретические основы концепции, современное состояние и перспективы развития // Почвоведение. 2019. № 3. С. 259–275. DOI: 10.1134/S0032180X19030110.

Тихова В.Д., Фадеева В.П., Дергачева М.И., Шакиров М.М. Использование кислотного гидролиза для анализа состава гуминовых кислот разного генезиса // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81. № 11. С. 1841–1846. DOI: 10.1134/S1070427208110177.

Тюрин И.В. Органическое вещество почв. Москва: Сельхозгиз, 1937. 287 с.

Учаев А.П., Некрасова О.А. Гумусовые профили почв с погребенными горизонтами, формирующиеся в разных условиях // Почвы, палеопочвы и формирующая их природная среда: Материалы Третьей Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению «Палеопочвы – хранители информации о природной среде прошлого». Новосибирск: ЗАО «ОФСЕТ», 2012. С. 127–132.

Хавкина Н.В. Гумусообразование и трансформация органического вещества в условиях переменного-глеевого почвообразования. Уссурийск: ПГСХА, 2004. 270 с.

Хохлова О.С., Хохлов А.А., Кузнецова А.М., Малашев В.Ю., Магомедов Р.Г. Изменение свойств почв при разнонаправленных климатических колебаниях позднего голоцена в полупустынной зоне (на примере курганного могильника Паласа-Сырт) // Почвоведение. 2015. № 1. С. 31–48. DOI: 10.7868/S0032180X15010104.

Чендев Ю.Г., Лупо Э.Р., Лебедева М.Г., Борбукова Д.А. Региональные особенности климатической эволюции почв южной части восточной Европы во второй половине голоцена // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1411–1423. DOI: 10.7868/S0032180X15120047.

Черепанова С.А., Самофалова И.А. Гумусовые профили горных почв Северного Урала // Почвы археологических, геологических объектов и фоновых территорий: Материалы Шестой Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению «Палеопочвы – хранители информации о природной среде прошлого». Новосибирск: Издательский дом ООО «Окарина», 2015. С. 77–80.

Чертов О.Г., Надпорожская М.А. Формы гумуса лесных почв: концепции, классификации, перспективы развития и использования // Почвоведение. 2018. № 10. С. 1202–1214. DOI: 10.1134/S0032180X18100027.

Чертов О.Г., Разумовский С.М. Об экологической направленности процессов почвообразования // Общая биология. 1980. Т. 41. С. 386–396.

Якименко О.С., Седов С.Н., Соллейро Э. Гумусное состояние современных и погребенных вулканических почв Мексики и его значение для палеогеографической интерпретации тефро-почвенных серий // Почвоведение. 2007. № 3. С. 302–309.

Aitkenhead M., Black H., Towers W. Soil is memory of the land. Published on The James Hutton Institute. 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://www.hutton.ac.uk/learning/soilshutton/international-year-soils-series-articles/soil-memory-land> (дата обращения 06.09.2023).

- Bernier L. La question du lien social ou la sociologie de la relation sana contrainte // Lien social et Politiques. 1998. Vol. 39. P. 27–32. DOI: <https://doi.org/10.7202/005058ar>.
- Holmes J.A., Zhang J., Chen F., and Qiang M. Paleoclimatic implications of an 850-year oxygen-isotope record from the northern Tibetan Plateau // Geophysical Research Letters. 2007. Vol. 34. Iss. 23. L 23403. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007GL032228>.
- International Union of Soil Sciences (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. Vienna, Austria, 2022.
- Janzen H. The Soil Remembers // Soil Science Society of America Journal. 2016. Vol. 80. Iss. 6. P. 1429–1432. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.05.0143>.
- Kosaka J., Honda C., Izeki A. Formation of humus profile in upland soils // Soil Science and Plant Nutrition. 2012. Vol. 8. Iss. 6. P. 24–29s. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.1962.10431014>.
- Kounda Kiki C., Vaculik Anna, Ponge J.-F., Sarthou C. Humus profiles under main vegetation types in a rock savanna (Nouragues inselberg, French Guiana) // Geoderma. 2006. Vol. 136. Iss. 3–4. P. 819–829. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.06.007>.
- Kovalyova E., Kotlyarova E., Kuzmina O., Breslavets Yu., and Teteryadchenko A. Study of thickness of humus profiles of gray forest and chernozem soils of different terms of agricultural use in landscape shrubs of the central forest-steppe // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 39. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901006>.
- Lapsansky E.R., Milroy A.M., Andales M.J., Vivanco J.M. Soil memory as a potential mechanism for encouraging sustainable plant health and productivity // Current Opinion in Biotechnology. 2016. Vol. 38. P. 137–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.01.014>.
- Mazurek R., Kowalska J., Gasiorek V., Setlak M. Micromorphological and physico-chemical analyses of cultural layers in the urban soil of a medieval city – A case study from Krakow, Poland // Catena. 2016. Vol. 141. P. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.026>.
- Monger H.C., Rachal D.M. Soil and landscape memory of climate change – how sensitive, how connected? Book chapter. In book: New Frontiers in Paleopedology and Terrestrial Paleoclimatology: Paleosols and Soil Surface Analog Systems / Driese S.G., Nordt L.C. SEPM Society for Sedimentary Geology. 2013. Vol. 104. P. 63–69. DOI: <https://doi.org/10.2110/sepmsp.104>.
- Müller P.E. Studien über die natürlicher Humusformen. Berlin, 1887.
- Pesochina L.S. The formation of the humus profile of chernozems in the Azov province // Eurasian Soil Science. 2008. Vol. 41. P. 1406–1411. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229308130085>.
- Schindler M., Hochella M.F. Soil memory in mineral surface coatings: Environmental processes recorded at the nanoscale // Geology. 2015. Vol. 43 (5). P. 415–418. DOI: <https://doi.org/10.1130/G36577.1>.
- Sycheva S., Khokhlova O. Genesis, ¹⁴C-age and duration of development of the Bryansk paleosol on the Central Russian Upland on dating of different materials // Quaternary International. 2016. Vol. 399. P. 111–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.055>.
- Wachendorf C., Frank T., Broll G., Beylich A., Milbert G. A concept for a consolidated humus form description – an updated version of German humus form systematics // International Journal of Plant Biology. 2023. № 14 (3). P. 658–686. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijpb14030050>.
- Zech M., Glaser B. Improved compound-specific $\delta^{13}\text{C}$ analysis of n-alkanes for application in palaeoenvironmental studies // Rapid Communication in Mass Spectrometry. 2008. Vol. 22. Iss. 2. P. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.1002/rcm.3342>.
- Zech M., Zech R., Buggle B., and Zöller L. Novel methodological approaches in loess research – interrogating biomarkers and compound-specific stable isotopes // E&G Quaternary Science Journal. 2011. Vol. 60. Iss. 1. P. 170–187. DOI: <https://doi.org/10.3285/eg.60.1.12>.
- Zhang Y.-C., Rossow W.B., and Stackhouse P.W., Jr. Comparison of different global information sources used in surface radiative flux calculation: Radiative properties of the near-surface atmosphere // Journal of Geophysical Research. Atmospheres. 2006. Vol. 111. Iss. D13. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005JD006873>.

Поступила в редакцию 15.09.2023

Принята 09.10.2023

Опубликована 09.10.2023

Сведения об авторах:

Захарова Елена Геннадьевна – младший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); zakharova@issa-siberia.ru

Дергачева Мария Ивановна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); mid555@yandex.com; dergacheva@issa-siberia.ru

Каллас Елена Витальевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения и экологии почв Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия); ekallas70@gmail.com

Бажина Наталья Леонидовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); bazhina@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/)

HUMUS PROFILE SPECIFICITY OF CHERNOZEMS OF THE OB RIVER LEFT BANK WITHIN THE PRIOB PLATEAU

© 2023 E. G. Zakharova ¹, M. I. Dergacheva ¹, E.V. Callas ², N.L. Bazhina ¹

¹*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentiev 8/2, Novosibirsk, Russia. E-mail: zakharova@issa-siberia.ru*

²*National Research Tomsk State University, Lenin Ave., 36, Tomsk, Russia. E-mail: ekallas70@gmail.com*

Purpose of the study: *to identify the features of chernozem humus profiles of the river Ob left bank within the Priob plateau (south of West Siberia) and the reasons that determined their diversity.*

Place and time. *The south of West Siberia (Topchikhinsky district of the Altai Territory), the north-eastern part of the Priobsky plateau, the steppe zone of the Pre-Altai province of the Kulundinsky-Aleysky district, the key site "Volodarka" on the eastern edge of the Porozikhinsky-Aleysky ridge (52°41-42' N and 83°38'E). Sampling was carried out annually in August.*

Methodology. *The collection and interpretation of materials are based on the principles and rules of the systems approach and soil ecology. The objects of study were southern and ordinary chernozems confined to different parts of the Volodarka key site (according to the soil classification of 1977; these classification names of soils are used in the text; according to the new Classification of Russian Soils (2004), the soils belong to the subtype of migratory-mycelial and textural-carbonate; according to WRB-2015 they are in the reference soil group Chernozems with the qualifiers calcic and siltic). The characteristics of humus profiles were obtained using traditional methods. All methods of analytical and instrumental study of humus and its individual components were identical. Methodological features of the research include detailed sampling (every 5–10 cm or less within the visual boundaries of the horizons) in late summer and the absence of strict methods for purifying preparations from mineral impurities. In this work, the concepts of "humus" and "system of humus substances" in soils are used as synonyms.*

Main results. *The humus profiles of the chernozems of the studied territory, currently functioning under the same conditions, have a significant variation in characteristics, representing a range of options typical for such soils (when, based on the combination of characteristics of elementary humus-forming processes - EHP - the upper part with the humification-transformation type of their structure and the lower one - with a transformation-migration type of combination of EHP), to varying degrees of structural complexity (when several parts are distinguished with different quantitative ratios of humus substances parameters with the predominance of their self-healing processes against the background of other EHP). The main characteristics of the studied buried paleosols lie within the limits peculiar to soils formed in temperature conditions optimal for humus formation, but different moisture conditions.*

Conclusion. *A significant difference in the qualitative and quantitative characteristics of chernozem humus profiles of the Ob river left bank within the Priob Plateau is due to both the complex history of the territory development, and different levels of self-healing capabilities of the natural open self-regulating humus substance system, depending on environmental conditions during the period of its formation. During complex history of the territory development different horizons of Middle Pleistocene soils came to the surface in*

different places, and therefore are found within the thickness usual for mature full-profile modern soils. The advantage of using humus profiles when analyzing the state of soils and the natural environment that forms them is the possibility of conducting a more detailed analysis of the variability of properties, the use of sediments and soils of different preservation, and identifying variations in environmental parameters even in the case of very short episodes of change in one or more soil formation factors or their individual characteristics, which are shorter in duration than the characteristic time required for the formation of the trait morphological expression. The materials presented in the work and their interpretation show that the information obtained about the soil state and the environment based on the study of soil humus profiles (the characteristics of which can be the results of studying the composition and properties of humus) has not lost its significance and can be used in solving a wide range of soil science problems including monitoring soil conditions, as well as substantiating forecasts of their behavior when changing environmental operating conditions.

Key words: humus profile; steppe soils; elementary humus-forming processes; parameters of humus substances; variation reason; Priobskoye Plateau.

How to cite: Zakharova E.G., Dergacheva M.I., Kallas E.V., Bazhina N.L. Humus profile specificity of chernozems of the Ob river left bank within the Priob Plateau // *The Journal of Soils and Environment* 2023. 6(2). e214. DOI: [10.31251/pos.v6i2.214](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.214).

FUNDING

The study was carried out according to the state assignment of ISSA SB RAS.

REFERENCES

- Aleksandrova L.N. Study of the processes humification of plant residues and the nature of newly formed humic acids. *Pochvovedenie*. 1972. No. 7. P. 37–45. (in Russian).
- Arhegova I.B. On humus profiles of some taiga and tundra soils in the European part of the USSR. *Pochvovedenie*. 1974. No. 3. P. 23–28. (in Russian).
- Baranyk A.V. Features of the formation of humus profile of mountainous meadowy brown soils (Cambic Umbrisols) of the Chornogora array of the Ukrainian Carpathians. *Belgorod State University Scientific Bulletin Natural Sciences*. 2016. No. 25 (246). Is. 37. P. 103–113. (in Russian).
- Beznosikov V.A., Lodygin E.D. Fractional-group composition of humus in cryogenic surface-gley and hydromorphic soils of the bolshezemelskaya tundra. *Vestnik of Saint Petersburg University*. 2012. No. 3. Iss. 1. P. 107–120. (in Russian).
- Bronnikova M.A., Lebedeva M.P., Konopliankova Y.V., Turova I.V., Agatova A.R., Nepop R.K. Record of holocene changes in high-mountain landscapes of southeastern Altai in the soil-sedimentary sequence of the Boguty river valley. *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 12. P. 1381–1396. DOI: [10.1134/S1064229318120037](https://doi.org/10.1134/S1064229318120037).
- Volobuev V.R. Soil system of the world. Baku: Publishing ELM, 1973. 308 P. (in Russian).
- Glazovskaya M.A. Buried soils, methods of their study and their paleographic significance. *Questions of geography*. Moscow. Leningrad, 1956. P. 59–68. (in Russian).
- Demkin V.A., Dergacheva M.I., Borisov A.V., Ryskov Ya.G., Oleinik S.A. Late Holocene dynamics of paleoecological conditions in the south of the Volga-Don interflaves. *Antiquities of the Volga-Don steppes in the system of the East European Bronze Age*. Volgograd: Peremena Publ., 1996. P. 33–37. (in Russian).
- Dergacheva M.I. Soil organic matter: statics and dynamics. Novosibirsk: Nauka Publ., 1984. 155 p. (in Russian).
- Dergacheva M.I. Ecological and genetic significance of the humus profile of soils. In book: *The role of organic matter in the formation of soils and their fertility*. Moscow: Publishing Dokuchaev Soil Science Institute, 1990. P. 90–27. (in Russian).
- Dergacheva M.I. The system of humus substances as a basis for the diagnosis of paleosols and the reconstruction of the paleo-natural environment. Novosibirsk: Publishing house SB RAS, 2018. 292 p. (in Russian).
- Dergacheva M.I., Vashukevich N.V., Granina N.I. Humus and holocene-pliocene soil formation in Predbaikalia. Novosibirsk: Publishing house SB RAS, 2000. 204 p. (in Russian).
- Dergacheva M.I., Derevianko A.P., Fedeneva I.N. Evolution of the Late Pleistocene-Holocene time in Gorny Altai (reconstruction based on pedogenic features). Novosibirsk: SB RAS, 2006. 144 p. (in Russian).
- Dergacheva M.I., Zykina V.S. Organic matter in fossil soils. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1988. 128 p. (in Russian).

- Dergacheva M.I., Kulizhsky S.P., Nikiforov A.N., Zakharova E.G. Physical properties of soils with features of ancient pedogenesis in Barnaul Ob region (Altai territory, Russia). *Regional geosystems*. 2020. Vol. 44. No. 4. P. 446–461. DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-4-446-461. (in Russian).
- Dergacheva M.I., Ondar E.E., Zakharova E.G. Humus profiles of mountain-chestnut soils of a complex catena in Central Tuva. *Contemporary Problems of Ecology*. 2010. Vol. 17. No. 3. P. 429–436. (in Russian).
- Dergacheva M.I., Ponomarev S.Y. Morphogenetic characteristics of soils since ancient pedogenic features located in eastern territory of Ob Plateau. *Bulletin of the Orenburg State University*. 2014. No. 6 (167). P. 207–212. (in Russian).
- Dmitriev E.A. *Mathematical statistics in soil science*. Moscow: Publishing House MSU, 1995. 320 p. (in Russian).
- Do Din Shan. Characteristics of some types humus of humusprofiles in podzolic forest soils of Leningrad Region. *Pochvovedenie*. 1977. No. 6. P. 14–22. (in Russian).
- Dushofur F. *Fundamentals of soil science. Soil evolution*. Moscow: Progress, 1970. 591 p. (in Russian).
- Zakharova E.G. Properties variation of the upper part of modern soils and surface paleosols of the key site Volodarka (Barnaul Priobye). In book: *Proceedings of the Second International School on Paleopedology for young scholars in Siberia*. Novosibirsk: OOO «Taler-Press», 2011. P. 91–94. (in Russian).
- Zolotareva B.N., Demkin V.A. Humus in paleosols of archaeological monuments in the dry steppes of the Volga-Don interfluve. *Eurasian Soil Science*. 2013. Vol. 46. No. 3. P. 262–272. DOI: 10.1134/S1064229313030149.
- Kallas E.V. *Soil Humus Profiles of Chulym-Enisey valley's lake basins*. Novosibirsk: «Humanitarian technologies», 2004. 170 p. (in Russian).
- Kallas E.V., Dergacheva M.I. Humus profile of soils as a reflection of the stages of soil formation. *Contemporary Problems of Ecology*. 2007. Vol. 14. No. 5. P. 711–719. (in Russian).
- Kallas E.V., Dergacheva M.I. Humus profiles of Siberian soils under different forming conditions. *Contemporary Problems of Ecology*. 2011. Vol. 4. No. 5. P. 469–474. DOI: 10.1134/S1995425511050031.
- Kallas E.V., Pak T.S., Rodikova A.V. Humus profiles of cedar forests of the Tom-Yaya interfluve. In book: *Current state and problems of rational use of soils in Siberia: materials of the international scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the foundation of the Department of Soil Science*. Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin; Omsk branch of the International Public Organization “Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev”. Omsk: 2020. P. 24–28. (in Russian).
- Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1:2500000 / Sci. editor: G.V. Dobrovolsky, I.S. Urusevskaya. Moscow: "Talka +", 2013. (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. Friev. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian).
- 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).
- Klenov B.M. *Stability of humus in automorphic soils of Western Siberia*. Novosibirsk: Publishing house SB RAS, branch "GEO", 2000. 176 p. (in Russian).
- Klimova N.V., Dukarev A.G. Formation of soil humus profile under long-derivative forests on the vasyugan plain (West Siberia, Russia). *Soils and Environment*. 2018. Vol. 1. No. 4. P. 218–230. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v1i4.47>. (in Russian).
- Kovalyova E.V., Vagurin I.YU., Akinchin A.V., Kuzmina O.S., Teteryadchenko A.I. Study of power of humus profile of soil catens of central forest-steppe. *The Agrarian Scientific Journal*. 2021. No. 7. P. 16–20. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i7pp16-20>. (in Russian).
- Loyko S.V., Gerasko L.I., Kulizhsky S.P. Grouping the carriers of soil memory (the case of the northern area of Chernvaya taiga). *Tomsk State University Journal of Biology*. 2011. No. 3 (15). P. 38–49. (in Russian).
- Nazarova A.V., Popova E.A. The labile forms of humus substances in the humus horizons of arable and fallow sod-podzolic loamy soils. *Agronomy and biology*. 2015. P. 101–104. (in Russian).
- Nekrasova O.A., Dergacheva M.I., Uchaev A.P., Bazhina N.L. Sarykul paleosols of the Miass quarry (Southern Urals) from the standpoint of paleopedology. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2016. No. 4 (36). P. 6–20. DOI: 10.17223/19988591/36/1. (in Russian).
- Nikitich P.A. Variability of humus profile pedogenic features of Holocene soils as a reflection of the formation environment. In book: *Soils, paleosols and environment. Proceedings of the Third International School of Paleopedology for young scholars in Siberia "Paleosols as a Source of Information about Past Environments"*. Novosibirsk: "OFSET", 2012. P. 91–97. (in Russian).

- Novokreshchennykh T.A., Kozyreva K.V. Humus profiles of meadow chernozem soils of area "lake Bele" section from "Khakassky" reserve. In book: Reflection of bio-, geo-, anthropospheric interactions in soils and soil cover. Collection of materials of the V International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of the Department of Soil Science and Soil Ecology of TSU. Tomsk: Ed. House of Tomsk State University, 2015. P. 68–72. (in Russian).
- Orlova N.E. Some diagnostic signs of humus soil profiles at the transition from soddy-podzolic to brown forest soils. Bulletin of the Soil Institute VASKhNIL. Moscow: 1979. No. 20. P. 6–10. (in Russian).
- Ochur K.O. Conditions of soil relic humus formation at Ulug-Khondergei river valleys. In book: Soils, paleosols and environment. Proceedings of the Third International School of Paleopedology for young scholars in Siberia "Paleosols as a Source of Information about Past Environments". Novosibirsk: "OFSET", 2012. P. 103–111. (in Russian).
- Paleosols, natural environment and methods of their diagnostics / Dobrovolsky G.V., Dergacheva M.I. (responsible ed.). Novosibirsk: "Offset", 2012. 264 p. (in Russian).
- Soil Memory: Soil as a Memory of Biosphere-Geosphere-Anthroposphere Interactions. Moscow: LKI Publishing House, 2008. 692 p. (in Russian).
- Pesochina L.S. Patterns of pedogenesis in the steppes of the Sea of Azov in the second half of the Holocene according to soil-archaeological studies. Scientific notes of the Krymskogo Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology. 2017. Vol. 3 (69). No. 3. Part 1. P. 192–204. (in Russian).
- Ponomareva V.V. On the genesis of the humus profile of chernozem. Pochvovedenie. 1974. No. 7. P. 22–25. (in Russian).
- Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Humus and soil formation (methods and results of the study). Leningrad: Nauka, 1980. 222 p. (in Russian).
- Svalova A.V. Humus profiles of chernozems in the south of Western Siberia. In book: Bulletin of the Tomsk State University. Proceedings of the Third All-Russian scientific conference "Modern problems of soil science and assessment of Siberian lands", dedicated to the 75th anniversary of the founding of the Department of Soil Science of Tomsk State University. Tomsk: Publication of Tomsk State University, 2005. No. 15. P. 11–13. (in Russian).
- Sedov S.N., Solleiro E., Khokhlova O.S., Sinityn A.A., Korkka M.A., Rusakov A.V., Ortega B., Rozanova M.S., Kuznetsova A.M., Kazdym A.A. Late pleistocene paleosol sequences as an instrument for the local paleogeographic reconstruction of the Kostenki 14 key section (Voronezh oblast) as an example. Eurasian Soil Science. 2010. Vol. 43. P. 876–892. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229310080053>.
- Smolentseva E.N. Regional and zonal-provincial features of chernozems of Western Siberia. Soils in the biosphere: collection of materials of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS. September 10–14, 2018, Novosibirsk / resp. ed. A.I. Syso. Tomsk: Tomsk State University Publishing House, 2018. Part I. P. 105–110. (in Russian).
- Sokolov I.A. Theoretical problems of genetic soil science / Ed. 2nd, corrected and expanded. Novosibirsk. Humanitarian Technologies. 2004. 288 p. (in Russian).
- Sokolov I.A., Targulian V.O. Interaction of soil and environment: soil-memory and soil-moment, Study and development of the natural environment. Moscow: USSR Academy of Sciences, 1976. P. 150–164. (in Russian).
- Sokolov I.A., Targulian V.O. Interaction of soil and environment: reflexivity and sensory of soils. Systemic research of nature. Questions of geography. Sat. 104. Moscow: "Mysl" Publ., 1977. P. 153–170. (in Russian).
- Targulian V.O., Bronnikova M.A. Soil memory: theoretical basics of the concept, its current state, and prospects for development. Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 3. P. 229–243. DOI: 10.1134/S1064229319030116.
- Tikhova V.D., Fadeeva V.P., Dergacheva M.I., Shakirov M.M. Analysis of humic acids from various soils using acid hydrolysis. Russian Journal of Applied Chemistry, 2008. Vol. 81. No. 11. P. 1957–1962. (in Russian).
- Tyurin I.V. Soil organic matter. Moscow: Selkhozgiz Publ., 1937. 287 p. (in Russian).
- Uchaev A.P., Nekrasova O.A. Humus soil profiles with buried horizons, which are forming in different conditions. In book: Soils, Paleosols and Environment Proceedings of the Third International School on Paleopedology for youth scholars in Siberia "Paleosols as a Source of Information about Environment Past Scientific of the International Scientific Youth on Paleosol Science". Novosibirsk: "OFFSET", 2012. P. 127–132. (in Russian).
- Khavkina N.V. Humus formation and transformation of organic matter under conditions of variable gley soil formation. Ussuriysk: PGSHA Publ., 2004. 270 p. (in Russian).
- Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., Kuznetsova A.M., Malashev V.Y., Magomedov R.G. Changes in the soil properties under differently directed climatic fluctuations of the late Holocene in the semidesert zone (by the example of the

- Palasa-Syrt burial mounds in Dagestan). *Eurasian Soil Science*. 2015. Vol. 48. No. 1. P. 27–42. DOI: 10.1134/S106422931501010X.
- Chendev Y.G., Lupo A.R., Lebedeva M.G., Borbukova D.A. Regional specificity of the climatic evolution of soils in the southern part of Eastern Europe in the second half of the Holocene. *Eurasian Soil Science*. 2015. Vol. 48. No. 12. P. 1279–1291. DOI: 10.1134/S1064229315120042.
- Cherepanova S.A., Samofalova I.A. Humus profiles of the mountain soils of the Northern Urals. In book: *Soils of archaeological and geological objects and background territories: In book: "Paleosols as a Source of Information about Environment Past Scientific of the International Scientific Youth on Paleosoil Science"*. Proceeding of the Sixth International School on Paleopedology for Youth Scholar in Siberia Novosibirsk: Publishing House "Okarina", 2015. P. 77–80. (in Russian).
- Chertov O.G., Nadporozhskaya M.A. Humus forms in forest soils: concepts and classifications. *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 10. P. 1142–115. DOI: 10.1134/S1064229318100022.
- Chertov O.G., Razumovsky S.M. On the ecological trends of soil forming processes. *General biology*. 1980. Vol. 41. P. 386–396. (in Russian).
- Yakimenko O.S., Sedov S.N., Solleiro E. Humus state of recent and buried volcanic soils in Mexico and its significance for paleogeographic interpretation of tephro-soil series. *Eurasian Soil Science*. 2007. Vol. 40. No. 3. P. 274–280. DOI: 10.1134/S1064229307030052.
- Aitkenhead M., Black H., Towers W. Soil is memory of the land. Published on The James Hutton Institute. 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://www.hutton.ac.uk/learning/soilshutton/international-year-soils-series-articles/soil-memory-land> (дата обращения 06.09.2023).
- Bernier L. La question du lien social ou la sociologie de la relation sana contrainte. *Lien social et Politiques*. 1998. Vol. 39. P. 27–32. DOI: <https://doi.org/10.7202/005058ar>.
- Holmes J.A., Zhang J., Chen F., and Qiang M. Paleoclimatic implications of an 850-year oxygen-isotope record from the northern Tibetan Plateau. *Geophysical Research Letters*. 2007. Vol. 34. Iss. 23. L 23403. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007GL032228>.
- International Union of Soil Sciences (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. Vienna, Austria, 2022.
- Janzen H. The Soil Remembers. *Soil Science Society of America Journal*. 2016. Vol. 80. Iss. 6. P. 1429–1432. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.05.0143>.
- Kosaka J., Honda C., Izeki A. Formation of humus profile in upland soils. *Soil Science and Plant Nutrition*. 2012. Vol. 8. Iss. 6. P. 24–29s. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.1962.10431014>.
- Kounda Kiki C., Vaculik Anna, Ponge J.-F., Sarthou C. Humus profiles under main vegetation types in a rock savanna (Nouragues inselberg, French Guiana). *Geoderma*. 2006. Vol. 136. Iss. 3–4. P. 819–829. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.06.007>.
- Kovalyova E., Kotlyarova E., Kuzmina O., Breslavets Yu., Teteryadchenko A. Study of thickness of humus profiles of gray forest and chernozem soils of different terms of agricultural use in landscape shrubs of the central forest-steppe. *BIO Web of Conferences*. 2021. Vol. 39. P. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901006>.
- Lapsansky E.R., Milroy A.M., Andales M.J., Vivanco J.M. Soil memory as a potential mechanism for encouraging sustainable plant health and productivity. *Current Opinion in Biotechnology*. 2016. Vol. 38. P. 137–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.01.014>.
- Mazurek R., Kowalska J., Gasiorek V., Setlak M. Micromorphological and physico-chemical analyses of cultural layers in the urban soil of a medieval city – A case study from Krakow, Poland. *Catena*. 2016. Vol. 141. P. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.026>.
- Monger H.C., Rachal D.M. Soil and landscape memory of climate change – how sensitive, how connected? Book chapter. In book: *New Frontiers in Paleopedology and Terrestrial Paleoclimatology: Paleosols and Soil Surface Analog Systems* / Driese S.G., Nordt L.C. SEPM Society for Sedimentary Geology. 2013. Vol. 104. P. 63–69. DOI: <https://doi.org/10.2110/sepmsp.104>.
- Müller P.E. *Studien über die natürlicher Humusformen*. Berlin, 1887.
- Pesochina L.S. The formation of the humus profile of chernozems in the Azov province. *Eurasian Soil Science*. 2008. Vol. 41. P. 1406–1411. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229308130085>.
- Schindler M., Hochella M.F. Soil memory in mineral surface coatings: Environmental processes recorded at the nanoscale. *Geology*. 2015. Vol. 43 (5). P. 415–418. DOI: <https://doi.org/10.1130/G36577.1>.

Sycheva S., Khokhlova O. Genesis, ^{14}C -age and duration of development of the Bryansk paleosol on the Central Russian Upland on dating of different materials. *Quaternary International*. 2016. Vol. 399. P. 111–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.055>.

Wachendorf C., Frank T., Broll G., Beylich A., Milbert G. A concept for a consolidated humus form description – an updated version of German humus form systematics. *International Journal of Plant Biology*. 2023. No. 14 (3). P. 658–686. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijpb14030050>.

Zech M., Glaser B. Improved compound-specific $\delta^{13}\text{C}$ analysis of n-alkanes for application in palaeoenvironmental studies. *Rapid Communication in Mass Spectrometry*. 2008. Vol. 22. Iss. 2. P. 135–142. DOI: <https://doi.org/10.1002/rcm.3342>.

Zech M., Zech R., Buggle B., Zöller L. Novel methodological approaches in loess research – interrogating biomarkers and compound-specific stable isotopes. *E&G Quaternary Science Journal*. 2011. Vol. 60. Iss. 1. P. 170–187. DOI: <https://doi.org/10.3285/eg.60.1.12>.

Zhang Y.-C., Rossow W.B., and Stackhouse P.W., Jr. Comparison of different global information sources used in surface radiative flux calculation: Radiative properties of the near-surface atmosphere. *Journal of Geophysical Research. Atmospheres*. 2006. Vol. 111. Iss. D13. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005JD006873>.

Received 15 September 2023

Accepted 09 October 2023

Published 09 October 2023

About the authors:

Zakharova Elena Gennadievna – Junior Researcher in the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); zakharova@issa-siberia.ru

Dergacheva Maria Ivanovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher in the Laboratory of Biogeocenology of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); mid555@yandex.com; dergacheva@issa-siberia.ru

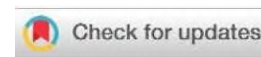
Kallas Elena Vitalievna – Candidate of Biological Sciences, Docent in the Department of Soil Science and Soil Ecology of the National Research Tomsk State University (Tomsk, Russia); ekallas70@gmail.com

Bazhina Natalia Leonidovna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher in the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); bazhina@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/)



ОСНОВНЫЕ ПРИЁМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА КУРГАНОВ ЯМНОЙ КУЛЬТУРЫ В ЮЖНОМ ПРИУРАЛЬЕ

© 2023 О. С. Хохлова ¹, А. Э. Сверчкова ², Н. Л. Моргунова ³, А. А. Файзуллин ³,
Т. Н. Мякшина ¹

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, ул. Институтская, 2, Московская область, Пушкино, 142290, Россия. E-mail: olga_004@rambler.ru

²Институт географии РАН, Старомонетный пер., 29, Москва, 11901, Россия. E-mail: acha3107@gmail.com

³Оренбургский государственный педагогический университет, ул. Советская, 19, Оренбург, 460000, Россия. E-mail: nina-morgunova@yandex.ru

Цель исследования. Определить материал и основные приёмы строительства курганов ямной культуры бронзового века в Южном Приуралье на основе комплексного анализа с упором на мезо- и микроморфологический анализ.

Место и время проведения. Объекты исследования расположены в Оренбургской области в пределах Восточно-Европейской равнины. В период с 2019 по 2022 гг. проведены охранные раскопки трёх курганных могильников, расположенных в Ташлинском (курганные могильники Болдырево IV и Ташла IV) и Грачевском районах (курганный могильник Каликино II) Оренбургской области. Курган I в курганном могильнике Болдырево IV из-за его значительных размеров (высота 4,2 м, диаметр 60 м) был выбран ключевым объектом, для которого проведено полное обследование. Дополнительно изучены курганы I курганного могильника Ташла IV, а также курганы 1, 4 и 5 курганного могильника Каликино II, имевшие меньшие размеры.

Методы. Для определения источника строительного материала и основных приёмов земляного строительства для возведения курганных конструкций проведен комплексный анализ с акцентом на макро-, мезо- и микроморфологические свойства. Для аналитического исследования, которое проделано только для кургана I Болдырево IV, измерены общее содержание углерода, содержание органического и неорганического (карбонаты) углерода, потери при прокаливании, гранулометрический состав, магнитная восприимчивость и pH.

Основные результаты. Изучены структура и материалы земляных конструкций пяти курганов ямной культуры бронзового века (5500–4300 л.н.). Удалось доказать, что курганы строились из местных почв с добавлением антропогенного материала (ила, костей, раковин). Представители ямной культуры создавали пестроцвет, используя при этом следующие строительные приёмы – замес, трамбовку, включение антропогенного материала. На микроморфологическом уровне это выглядит как чередование светлых рыхлых и тёмных более уплотнённых микрозон.

Заключение. На основе мезо- и микроморфологического анализа изученных курганных конструкций можно констатировать, что представители ямной культуры владели знаниями о строительных технологиях и использовали их. Основным приёмом возведения кургана является создание пестроцвета – замешанной почвы гумусового или карбонатного горизонта с примесями антропогенного и карбонатного материала. При строительстве небольших курганов люди использовали грубый замес и трамбовку, а для курганов побольше использовалась либо более сложная конструкция, либо более тщательный замес и трамбовка, а также более длительное воздействие воды.

Ключевые слова: курганные конструкции; микроморфология; технологии строительства; ямная культура; бронзовый век; Южное Приуралье.

Цитирование: Хохлова О.С., Сверчкова А.Э., Моргунова Н.Л., Файзуллин А.А., Мякшина Т.Н. Основные приёмы строительства курганов ямной культуры в Южном Приуралье // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e213. DOI: [10.31251/pos.v6i2.213](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.213)

ВВЕДЕНИЕ

Понимание термина «курган» неоднозначно. В археологической литературе преобладает мнение, что курган – это насыпь земли над могилами. И хотя ещё в начале шестидесятых годов прошлого века археологом М.П. Грязновым (1961) было сформулировано положение о том, что курган – это разрушившееся древнее архитектурное сооружение, тем не менее археологические

раскопки без учета этой идеи ведутся и по сей день. По определению А. Наглера (Nagler, 2013) курган является погребально-ритуальным комплексом, состоящим из связанных в единое целое трёх частей: 1) захоронений, кладов, жертвенных комплексов; 2) построенных над ними сооружений, порой сложных и монументальных, являющихся своеобразными памятниками архитектуры; 3) территории, прилегающей к сооружению, или курганной периферии, которая содержит рвы, поминальные комплексы, могилы, артефакты, культурные остатки, связанные как со строительством комплекса, так и с проводившимися здесь ритуальными действиями.

Почвоведрами при изучении курганов повсеместно используется термин «насыпь», в который не вкладывается особый смысл, кроме представления о холме земли над погребением или погребениями. Традиционно считается, что курганы возводили из земляного материала, в произвольном (хаотичном) порядке насыпанного над могилой умершего, при этом материал мог быть взят из рва, непосредственно примыкающего к кургану, либо с некоторой территории, но также расположенной вблизи кургана (Borisov et al. 2019; Mozolevskiy et al., 2005). И хотя в ряде работ исследования курганов предпринимали с целью установить вещественный состав и строение земляных сооружений (Зданович и др., 1984; Александровский и др., 2004; Баженов и др., 2013; Плеханова и др., 2005; Юминов и др., 2017; Borisov et al., 2019), а также получить информацию о технологических приёмах, использованных древними людьми для создания этих величественных памятников не только археологии, но и древней архитектуры (Наглер, 2015; Хохлова и др., 2017; Khokhlova, Nagler, 2020, Makeev et al., 2021), все же этот подход пока нельзя считать общепринятым и установившимся.

Традиция возведения кургана над могилой возникла примерно 6000 лет назад среди племен эпохи неолита (Кореневский, 2012; Кореневский, Моргунова, 2022) и быстро распространилась практически по всей Евразии. Из всех памятников археологии курганы являются самыми многочисленными как в европейской, так и в азиатской части Большой степи, и за прошедшие с момента их сооружения тысячелетия стали естественной частью степных ландшафтов. О конструктивных особенностях курганов самого раннего периода – эпохи бронзы (конец IV – вторая половина III тыс. до н.э.) – пока известно очень мало и ограничено по географическому охвату (Хохлова, Наглер, 2020; Borisov et al. 2019; Krivosheev et al., 2014; Плеханова, 2018; Friesem et al., 2017; Hildebrandt-Radke et al., 2019, Makeev et al., 2021)

В эпоху бронзового века в результате трансформации оседлого скотоводческого хозяйства в подвижно-кочевой на территории степного и южного лесостепного пояса Восточной Европы от Дуная до Южного Урала сформировалась ямная культура. Формирование ямной культурно-исторической области на обширных степных пространствах Восточной Европы приходится на вторую половину IV тыс. до н.э. Выделяют два больших региона внутри области: восточный – от Урала до Днепра, и западный – от Днепра и до Дуная. Ямная культура средневожско-приуральского региона прошла в своем развитии ряд этапов в IV – первой половине III тыс. до н.э. На основе ямной культуры сложился новый вид производящего хозяйства – кочевое скотоводство. В последние десятилетия на основе метода радиоуглеродного датирования и других методов естественных наук (почвоведение, палинология, антропология, остеология и другие) была проведена периодизация ямной культуры на территории Волго-Уральского междуречья: I – ранний (репинский) этап, II – развитой этап с двумя горизонтами А и В; III – поздний (полтавкинский) этап (Morgunova, Khokhlova, 2020). В период расцвета ямной культуры происходило формирование относительно стабильной этнокультурной общности с общими чертами курганного погребального обряда. Очевидно, что для сооружения многочисленных курганов ямного времени в Южном Приуралье, должны были использоваться определенные технологические приёмы.

В международной науке структуру земляных курганов изучали дольше, чем в России, с использованием комплексного геоархеологического подхода, включающего микроморфологический анализ (Courty et al., 1989; Cremeens, 2005; Macphail, Goldberg, 2010; Macphail et al., 1990 и многие другие). Микроморфологический метод позволяет зафиксировать следы перемешивания материала, его трамбовки, использования воды, наличия растительности, аллювиальных отложений и любых антропогенных примесей в материале земляного памятника. На микроуровне можно проследить динамику строительных приёмов для одного кургана, если он строился представителями различных культур или за какой-то длительный период времени (Cammass, 2018; Friesem et al., 2017, Cremeens, 2005; Macphail, Goldberg, 2010). Одни из первых микроморфологических исследований земляных сооружений проводились в засушливых регионах

и были сосредоточены в основном на изучении характеристик стен и полов домов древних поселений, которые были обнаружены в полевых условиях (Matthews, 1995; Matthews et al., 1996; Matthews et al., 1997; Stordeur, Wattez, 1998; Hourani, 2003; Karkanias, Efstratiou, 2009; Hubbard, 2010; Karkanias, Van de Moortel, 2014). Хорошо изучены засушливые (сухостепные и степные районы с количеством осадков до 400 мм) и полусухостепные (степные и лесостепные регионы с количеством осадков до 500-600 мм) районы эпохи неолита и начала бронзового века, так как земляные сооружения в этих регионах лучше сохранились. Напротив, в регионах с умеренным климатом, особенно в период раннего бронзового века, исследований гораздо меньше. Вместе с тем, тщательный анализ кургана с использованием методов и подходов естественных наук во многом способствует пониманию процессов строительства и использования курганов, а также приносит новые способы исследования социальных, политических, экономических и даже ритуальных моделей и процессов (Ortmann, Kidder, 2013). С одной стороны, накопленный опыт полезно применить при исследовании российских курганов, а с другой, изучение новых курганов в обширной степной зоне Евразии может помочь оценить сложность и разнообразие памятников земляной архитектуры в мире и обогатить эту отрасль геоархеологии. Это исследование является важным вкладом в растущую международную литературу по использованию земляных материалов для создания долговечных памятников.

Цель работы – определить материал и основные приёмы строительства курганов ямной культуры бронзового века в Южном Приуралье на основе комплексного анализа с упором на мезо- и микроморфологический анализ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты. На территории Южного Приуралья в период с 2019 по 2022 гг. совместно с сотрудниками археологической лаборатории Оренбургского педагогического университета проведены охранные раскопки трех курганных могильников, расположенных в Ташлинском (курганные могильники Болдырево IV и Ташла IV) и Грачевском районах (курганный могильник Каликино II) Оренбургской области. Объектами исследования послужили земляные конструкции пяти курганов ямной культуры бронзового века. Курган I в курганном могильнике Болдырево IV из-за его значительных размеров был выбран ключевым объектом, для которого было проведено полное обследование. Дополнительно изучены курганы 1 курганного могильника Ташла IV; 1, 4 и 5 курганного могильника Каликино II (табл. 1). Курганы имели меньшие размеры по сравнению с курганом I курганного могильника Болдырево IV, а также подвергались распашке и антропогенному воздействию, что повлияло на сохранность курганных конструкций. Все объекты датированы археологическим методом по обряду и вещевому материалу в погребениях. Для курганных могильников Болдырево IV и Каликино II также проведено датирование радиоуглеродным (РУ) методом (УМС ^{14}C) (табл. 1). Отнесение к тому или иному этапу ямной культуры осуществлено на основе ранее проведенного анализа радиоуглеродных дат для массового материала по ямным курганам Южного Приуралья (Morgunova, Khokhlova, 2020). Для кургана I курганного могильника Ташла IV в связи с малым количеством находок было проведено лишь археологическое датирование. По обряду погребения курганы могильника Ташла IV относятся к развитому этапу ямной культуры.

Физико-географическая характеристика. Район исследования расположен на южной периферии Волго-Уральской антеклизы юго-восточного склона Восточно-Европейской платформы и имеет равнинный рельеф. В геолого-геоморфологическом отношении водораздельные территории здесь образованы мощными отложениями неогенового периода (кайнозойская система – неогеновые глины и суглинки), а для надпойменных террас характерны четвертичные породы, представленные супесчано-песчаными, аллювиальными и террасовыми отложениями (Чибилев, 1995).

Ташлинский район расположен в юго-западной части Оренбургской области и граничит с Казахстаном. Курганные могильники Болдырево IV и Ташла IV располагались на I надпойменных террасах рек Иртек и Ташелка, соответственно, которые принадлежат долине реки Урал. Рельеф участков курганных могильников – полого-волнистый, преобладающие абсолютные высоты составляют 100 м.

Ташлинский район целиком лежит в подзоне типичных степей, сформировавшихся на южных среднесуглинистых черноземах (Calcic Chernozems); черноземы на супесчано-песчаных отложениях на «Почвенной карте Оренбургской области» (Географический атлас..., 1999) в этом

районе названы чернозёмами южными террасовыми. Участки, на которых расположены изучаемые курганные могильники, распаханы и находились в залежном состоянии к моменту нашей работы не более 25 лет, поскольку на них в составе растительного покрова ещё очень хорошо была заметка сорная растительность. Курган 1 в Болдырево не пахали, а опахивали вокруг.

Таблица 1

Индивидуальные данные и координаты в системе WGS – 84 курганов ямной культуры бронзового века Южного Приуралья

Объект	Диаметр, м	Высота, м	Координаты	РУ даты	Археологическая культура
КМ Болдырево IV Курган 1	~ 60	4,2	51°47'08,70" с.ш. 52°43'58,62" в.д.	4690 ± 25 ¹⁴ C лет назад, 3439–3378 лет cal BC (IGAN-8682)	конец репинского этапа – начало развитого этапа А ямной культуры
КМ Ташла IV Курган 1	33–38	1,2	51°47'08,70" с.ш. 52°43'58,62" в.д."	–	развитой этап ямной культуры
КМ Каликино II					
Курган 1	25	1	52°54'39,87" с.ш. 53°11'10,12" в.д.	3930 ± 45 ¹⁴ C лет назад, 2570–2240 лет cal BC (SPb_3894)	развитой этап ямной культуры
Курган 4	26	0,4	52°54'35,10" с.ш. 53°11'15,43" в.д.	4142 ± 37 ¹⁴ C лет назад, 2876–2584 лет cal BC (GV- 3871) 4161 ± 37 ¹⁴ C лет назад, 2882–2626 лет cal BC (GV- 3872)	
Курган 5	25	0,4	52°54'35,76" с.ш. 53°11'11,89" в.д.	Погребение 2 – 3950 ± 45 ¹⁴ C лет назад, 2574–2298 лет cal BC (SPb_3896) Погребение 1 – 4080 ± 40 ¹⁴ C лет назад, 2865–2475 лет cal BC (SPb_3895)	

Примечание.

КМ – курганный могильник. Прочерк – данные отсутствуют.

Курганный могильник Каликино II расположен в Грачевском районе на северо-западных отрогах Общего Сырта, в северо-западной части Оренбургской области. Рельеф – возвышенная, слегка всхолмленная равнина, расчлененная долинами рек Волжской системы на ряд водоразделов, вытянутых с востока на запад. Памятник находится на I террасе левого берега реки Ток (долина р. Самара), в 2 км к юго-востоку от пос. Каликино. На территории курганного могильника Каликино II абсолютные высоты в среднем составляют около 115 м, рельеф – полого-волнистый. Территория района находится на границе перехода лесостепной зоны в степную, в подзоне северных разнотравно-типчачково-ковыльных степей на черноземах обыкновенных.

По климатическим условиям Ташлинский и Грачевский район схожи и характеризуются летними температурами до +27,5 °С, максимум годовых осадков приходится на июнь месяц и составляет 76–78 мм, а минимум (26,5 мм) на август. Среднее годовое количество осадков около 350–400 мм в год, испаряемость превышает количество осадков в полтора раза.

Методы. В ходе полевых работ изучали морфологическое строение курганных конструкций и погребенных под ними почв, а также фоновые современные почвы; результаты палеопочвенных исследований опубликованы ранее (Сверчкова и др., 2022). Отбор образцов из выделенных курганных конструкций проводился с повторностями (n=3).

Все курганные конструкции изучены с использованием иерархического морфологического анализа на макро-, мезо- и микроморфологическом уровнях наблюдений. Для микроморфологического анализа были изготовлены шлифы, их изучение и фотографирование провели на микроскопе AxioScope A1 Carl Zeiss (Германия) в ЦКП ИФХиБПП РАН. При исследовании материала курганных конструкций особое внимание уделяли наличию признаков антропогенного происхождения. Используемые термины соответствуют общепринятой терминологии (Герасимова и др., 2011). Основные микроморфологические особенности изученного материала земляных конструкций, а также расшифровка технологического процесса по наблюдаемому микростроению проведены на основе представлений, возникших в результате обобщения данных микроморфологических наблюдений за археологическими земляными объектами (Саммас, 2018, Table 2).

Для аналитического исследования, которое проделано только для кургана 1 Болдырево IV, проводили пробоподготовку отобранных из курганной конструкции образцов. Далее в лаборатории измерили pH в водной вытяжке при отношении воды к почве 2.5:1 с помощью потенциометра. Общее содержание углерода определяли методом Тюрина в модификации Антоновой с соавторами (1984). Содержание CO₂ карбонатов определили манометрически по разнице давлений в контроле и образце в герметичных сосудах с резиновыми пробками, в которых образцы реагировали с 10%-ной соляной кислотой, и результаты пересчитывали на C (C_{карб}) (Воробьева, 2006). Содержание органического углерода (C_{орг}) вычисляли путем вычитания C_{карб} из содержания C общего. Потери при прокаливании (ППП) определяли путем нагрева образца до 900°C в течение 1 ч (Аринушкина, 1970). Гранулометрический состав оценивали методом пипетки с использованием пирофосфата натрия для диспергирования, и фракции рассчитали на абсолютно сухую навеску с учетом определения гигроскопической влаги (Вадюнина, 1986). Удельную магнитную восприимчивость (МВ) измеряли в лабораторных условиях с помощью прибора Karprabridge KLY-2 в Центре коллективного пользования ИФХиБПП РАН, г. Пущино.

Для обработки результатов исследований и построения графиков использовали программы Microsoft Excel (Версия 14.0.7015.1000, Microsoft Corporation, 2010, США) и CorelDraw (Версия 19.1.0.419 (C) Corel Corporation, 2017, Канада).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Конструкция кургана 1 курганного могильника Болдырево IV. Курган по оценкам археологов был сооружён в короткий (несколько десятилетий) временной интервал, поскольку все погребения под ним были совершены по единому и очень сходному обряду. Высота кургана составляла более 4,2 м, а диаметр около 60 м. Курганы такого размера уникальны для данного региона. Поверхность кургана в отличие от окружающего его поля никогда не распахивали, и к моменту начала раскопок она была покрыта типичной степной растительностью.

Курган создавался в три этапа и имел четыре курганных конструкции (КК). Вначале были совершены погребения под КК I и II (над погребениями 3 и 4). Затем между ними было совершено погребение 5. Оно вместе с КК I и II было перекрыто КК III. КК IV была сооружена не как погребальная, а предположительно для подновления и ремонта уже стоявшего кургана (рис. 1, рис. 2А 3), который начал разрушаться или сильно оплыл за короткое время, чему способствовал легкий (супесчаный) состав слагающих его гунтов.

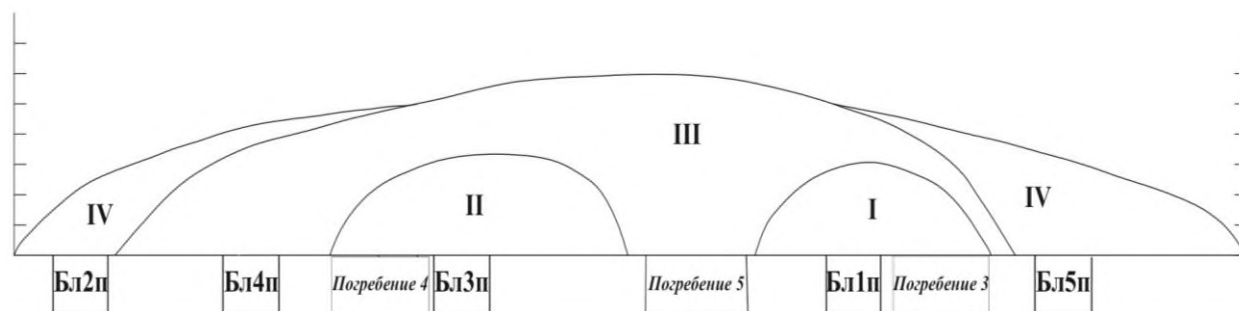


Рисунок 1. Схема расположения курганных конструкций (КК I-IV), погребений и погребённых почв (разрезы Бл1п-Бл5п) в кургане Болдырево IV на одной бровке.

КК I была сооружена на нетронутой почве (рис. 1). Перед совершением других погребений была сделана площадка, обозначенная срезкой гумусового горизонта на 10–15 см в среднем, в самом центре – до 25 см. Вся срезанная поверхность была обмазана сизовато-белесой глиной с ржавыми пятнами и включениями остатков растений, которые к настоящему моменту сохранились в виде тлена.

КК I выделялась линзой плотной, однородной по структуре, серо-коричневой супеси без карбонатных включений. Верх КК I был укреплен тонкой (не более 10 см) неравномерной по толщине желто-палевой обмазкой. Диаметр подкурганной площадки КК I достигал 9–9,5 м, длина по профилю центральной бровки – 7 м.

При детальном мезоморфологическом рассмотрении в материале КК I можно увидеть мелкие пятна – более темные и более светлые, чем фон (рис. 2А 1). От погребенной почвы КК I отделяла прослойка около 2 см светло-серой супеси или слабого растительного тлена.

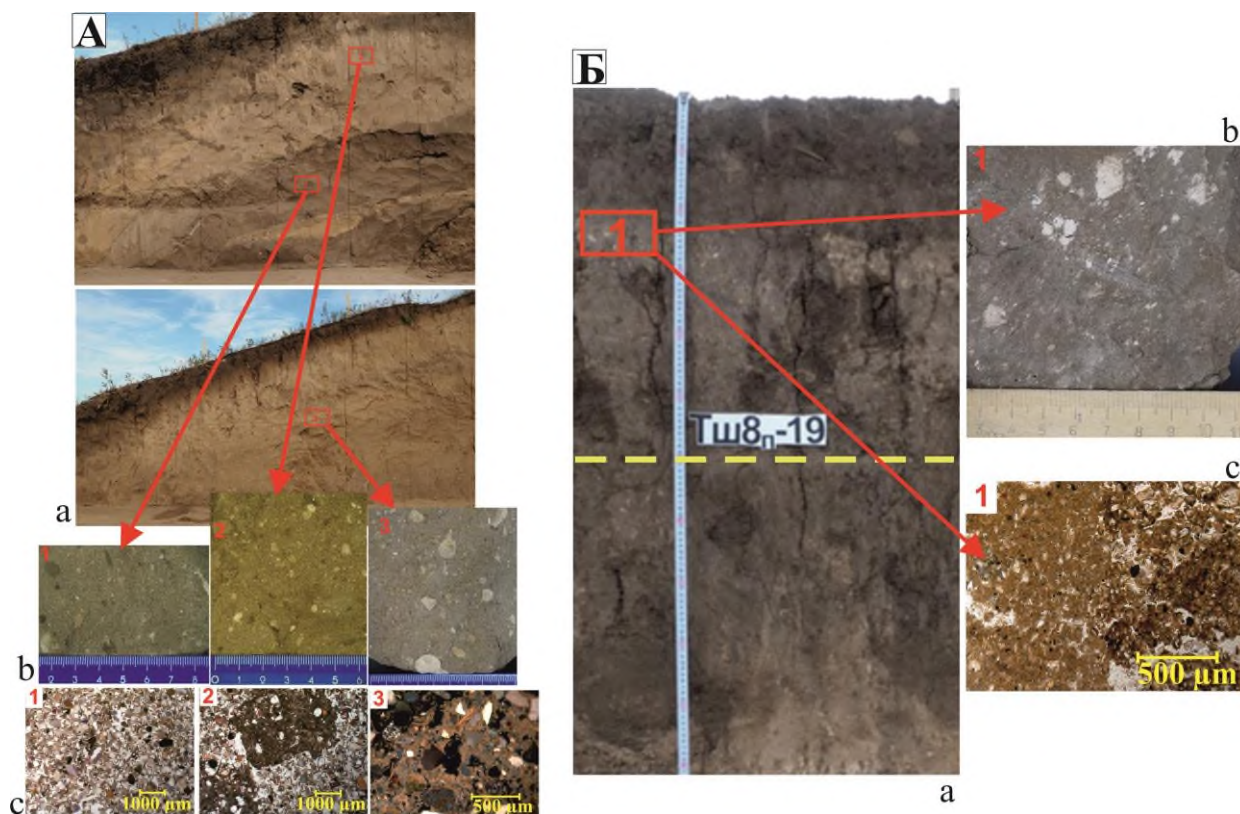


Рисунок 2. Строение курганных конструкций кургана 1 курганного могильника Болдырево IV (А) и конструкции кургана 1 курганного могильника Ташла IV (Б). (а) макро-, (б) мезо- и (с) микроморфологические снимки. А: 1 – курганная конструкция I, 2 – курганная конструкция III, 3 – курганная конструкция IV. Жёлтым пунктиром на рисунке Б обозначена поверхность погребённой почвы.

На микроморфологическом уровне изучения в материале КК I видны темные и буро-коричневые пятна аморфного органического вещества среди зерен силикатных минералов, имеющих более-менее однородный размер: песок средний и мелкий и крупная пыль (рис. 2А 1, 3А а). При введении анализатора (XPL) четко идентифицируется вокругскелетная ориентировка Fe-глинистого тонкодисперсного материала (рис. 3А б). Ничего подобного нет в гумусовых горизонтах погребенных и современных черноземов изучаемого района. Это значит, что материал для данной конструкции подвергали воздействию воды и затем трамбовали в сыром виде. Скорее всего, выдерживали в воде, перемешивали и потом укладывали. Следов замеса в основной массе этого материала не зафиксировано, что может быть связано с относительно крупным размером минеральных зерен (супесчаный гранулометрический состав) и малым размером изготовленных шлифов. Но вместе с тем микрзоны с признаками очень грубого перемешивания – расположение песчаных зерен по окружности – всё же видны (рис. 3А а), как и следы ожелезнения (рис. 3А с), указывающие на увлажнение смеси для конструкции. Среди зерен силикатных минералов

обнаруживаются зерна кальцита (спарит) (рис. 3А d), а также видны раковины (рис. 3А e), что говорит о добавках речного ила и карбонатных минералов в материал конструкции, поскольку в гумусовых горизонтах окружающих почв таких включений нет.

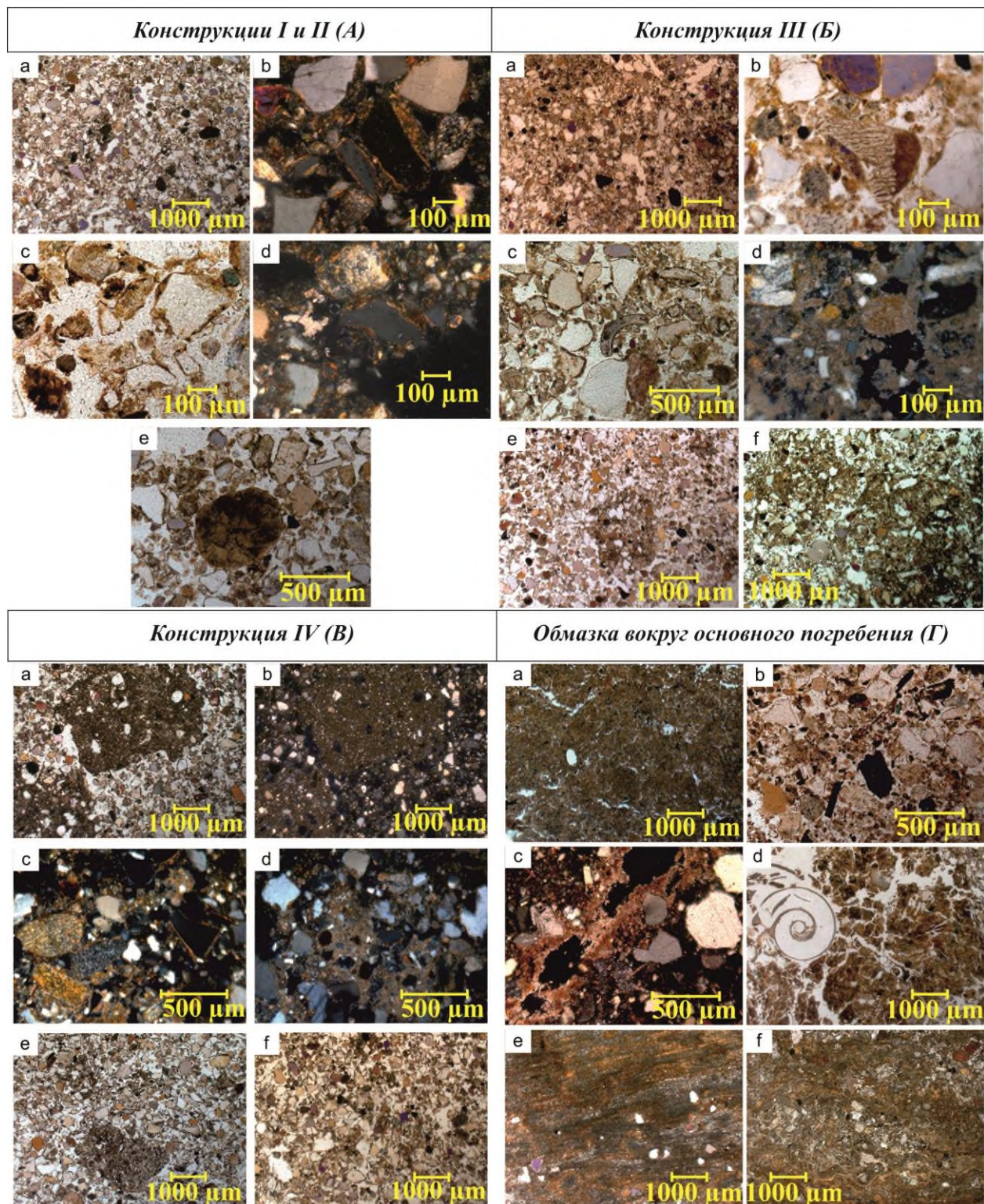


Рисунок 3. Микроморфологическое строение материалов из кургана 1 курганного могильника Болдырево IV: А – курганная конструкция I и II (a-e); Б – курганная конструкция III (a-f); В – курганная конструкция IV (a-f); Г – обмазка вокруг основного погребения (a-f).

КК II, вероятно, была сооружена практически одновременно или с небольшим перерывом с КК I в северной части подкурганной площадки. О хронологической близости конструкций I и II

свидетельствует их структура. На мезоморфологическом уровне наблюдений было отмечено, что КК II также была сложена из бескарбонатной серо-коричневой супеси с более светлыми и более темными пятнами. Низ конструкции от погребённой почвы отделяла прослойка светлой супеси около 2 см мощности, возможно, являвшейся результатом натаптывания грязи в ходе совершения погребения. Верх был укреплен тонкой (не более 10 см), неравномерной по толщине жёлто-палевой обмазкой. Диаметр подкурганной площади КК II – 11–12 м, длина – 9 м.

По цвету коричневый материал в КК I и II и гумусовый горизонт погребённой под курганом почвы были идентичны. Материал для конструкций I и II брали из рвов 1 и 2, соответственно. Рвы представляли собой ямы разной конфигурации, расположенные по кругу по периферии конструкций, но не сомкнутые в единое кольцо. Заполнение ям состояло из слабо гумусированной супеси тёмно-серого цвета, местами сильно перемешанной в результате деятельности землеройных животных. Их деятельность в виде крупных ходов значительно нарушила дно и стенки рва 2.

КК II имела точно такие же микроморфологические признаки, как КК I, поэтому отдельно не рассматривается.

КК III была самой большой в изучаемом кургане, она перекрывала КК I и II (рис. 2А 2). Высота КК III вместе с четвертой конструкцией, границы которой были установлены приблизительно, в самом высоком месте достигала 3,2–3,5 м при диаметре около 60 м. Материал для этой конструкции брали из кольцевого рва 3, окружавшего курган по всему его периметру. КК III имела двухслойную структуру за счет разнородности грунта из разных горизонтов почвы, AhVk и Vk. Материал нижней части конструкции представлял собой тёмно-коричнево-бурую, местами серую супесь с небольшим содержанием фрагментированных карбонатов (рис. 2А 2). Верх КК III в основном состоял из более светлой супеси светло-серого и желтоватого цвета. В этой части конструкции содержалось большое количество фрагментированных карбонатов.

Микроморфологический анализ был сделан только для верхней части КК III (светлой супеси светло-серого и желтоватого цвета), поскольку тёмный материал нижней части конструкции похож на КК I и II.

На мезоморфологическом уровне заметно, что верхняя часть конструкции имела желтовато-палевый цвет, в ее материале довольно равномерно встречаются окарбоначенные пятна – желтовато-белые, белёсые (рис. 2А 2).

На микроморфологическом уровне нами зафиксировано неоднородное хаотичное микросложение с нечёткими границами микрон зон разного состава и плотности. Встречались как микронзоны более обогащённые органо-железистым тонкодисперсным материалом, так и зерна минерального скелета практически без тонкодисперсного материала или с существенно меньшим его содержанием (рис. 3Б а). Кроме этого, поверх разбросаны недифференцированные тёмные пятна Fe-органического состава, очень редко встречаются мелкие угольки, также как и осколки мельчайших костей (рис. 3Б б), речных раковин (рис. 3Б с). Тонкодисперсный материал пропитан микритом, изредка встречаются скрытокристаллические карбонатные нодулы (рис. 3Б d). Следы очень слабого и грубого перемешивания отмечаются в микрон зонах с обогащением органо-железисто-глинистым тонкодисперсным материалом (рис. 3Б е, в центре кадра; рис. 3Б f), но такие микронзоны редки в данной конструкции.

Границы КК IV четко нельзя было различить в бровках, и саму конструкцию можно было отследить по укрупнению и увеличению количества карбонатов (белых пятен) в материале на периферии кургана по сравнению с таковым в центре (рис. 2А 3). Материал КК IV имел неоднородный цвет и был представлен супесью более светлых и более темных оттенков со множеством карбонатных включений. Мезоморфологический анализ показал, что КК IV по цвету была идентичной с жёлтой частью КК III, но при этом в ней желтовато-белые и белёсые пятна карбонатов были заметно более крупными и встречались чаще, хотя серые и коричневые пятна тоже присутствовали.

На микроморфологическом уровне только в данной конструкции нами зафиксированы хорошо заметные уплотненные окарбоначенные фрагменты тонкодисперсного материала среди зерен песка (рис. 3В а, б). Карбонатные аккумуляции представлены в основном в виде пропитки, реже встречаются пленки и нодулы. Карбонатное вещество в данном случае выступает в роли цемента для песчаных зерен (рис. 3В d). Также четко выделяются пятна ожелезнения в тонкодисперсном материале и вокругскелетная ориентировка глинисто-железистого материала (рис. 3В с). Следы перемешивания в этой конструкции наиболее отчетливы (рис. 3В е, f).

Очевидно использование воды: железисто-глинистые вокруг скелетные покровы и перекристаллизованное карбонатное вещество. Видимо, к созданию этой конструкции люди подошли более тщательно, чтобы укрепить уже стоявшее и оплывшее сооружение.

При строительстве всех конструкций использовали речной ил, что подтверждается наличием речных раковин, а также встречается антропогенный материал – угли, кости.

В основании КК III прослежена прослойка из илистой органики толщиной 2–4 см – *обмазка ритуальной площадки по поверхности срезанной погребённой почвы под курганной конструкцией*. Ил содержал большое количество мелкого ракушечника и растительных остатков. Подобная, но менее мощная прослойка из илистой органики наблюдалась на поверхности КК II. Вероятнее всего, обмазка также использовалась для укрепления вершины кургана.

Микроморфологический анализ подтверждает факт того, что обмазка поверхности погребённой почвы состоит из ожелезненного тонкодисперсного материала (ила), имеющего явные признаки перемешивания (рис. 3Г а), с различными включениями. Больше всего растительных остатков. Наряду с растительными остатками входят углистые частицы (рис. 3Г б). Карбонатные стяжения в материале обмазки расположены в порах, и в центральной части имеют признаки подвижности – растворения (рис. 3Г в). Видны ожелезненные растительные остатки с упорядоченной структурой, сохранившейся от растительных тканей, и множество раковин (рис. 3Г д). Четко видна слоистость обмазки, множество осветлённых растительных тканей с сохранившимся клеточным строением (рис. 3Г е), а также слои из тонко- и грубодисперсного материала (рис. 3Г ф).

Конструкция кургана 1 курганного могильника Ташла IV. Курган находился в центральной части могильника. К моменту раскопок курган был частично поврежден, так как по территории памятника проходят полевые дороги, а через западную полу кургана был проложен водопровод. Он имел одну конструкцию, сооруженную для одного погребения, которая выделяется по седоватому с голубоватым оттенком тёмно-серому цвету на зачищенной поверхности и регулярной вертикальной трещинной сети (рис. 2Б). Материал для конструкции кургана состоял преимущественно из гумусового горизонта с вкраплениями желтого пестроцвета с белоглазкой; при этом гранулометрический состав материала конструкции легкоглинистый в отличие от супесчаного в Болдыревском кургане. Под термином «пестроцвет» мы понимаем замешанный грунт из гумусового или карбонатного горизонта с примесями антропогенного и карбонатного материала, который выражен в виде вкраплений и пятен.

При полевом наблюдении отмечено равномерное распределение желтого окарбонированного материала внутри гумусового, что указывает на использование тщательного замеса и, возможно, трамбовки материала для строительства кургана. Равномерная трещинная сеть свидетельствует о том, что материал укладывали блоками. На мезо- и микроморфологических снимках (рис. 2Б) мы наблюдаем неоднородную окраску тонкодисперсного материала с чередованием микрозон с более плотным и более рыхлым сложением. Более плотные микроучастки к тому же обогащены карбонатами в виде пропитки, а более рыхлые – аморфным гумусом. При микроморфологических наблюдениях зафиксированы следы перемешивания тонкодисперсного материала.

Конструкция курганов 1, 4, 5 курганного могильника Каликино II. Курганы находились на сельскохозяйственном поле и распахивались. Курганы были совсем небольшой высоты и сооружены одновременно над единственным погребением в каждом кургане. Конструкции кургана 1 и 4 имели схожую морфологию: неоднородный по цвету материал, на тёмно-сером фоне вкрапления палево-рыжего материала, плотного сложения с тонкими корнями растительности. Поверхность погребённой почвы в кургане 1 была срезана.

Микроморфологический анализ показывает чередование более тёмного обогащённого органическим веществом и более уплотнённого и светлого более рыхлого материала с нечёткими следами перемешивания (рис. 4А и Б). Имеется примесь речного ила, диагностированного по наличию речных раковин и пятен тёмно-бурого цвета, разбросанных в тонкодисперсном материале, но с наибольшей концентрацией в тёмном прогумусированном материале.

КК в кургане 5 имела более сложное строение, морфологически такое строение чётко прослеживалась по всей бровке кургана. Выделялось 3 разных материала – «кирпичи» рыжего цвета (рис. 4В 1) с четкими границами и засыпкой или затеками гумусового материала между блоками, гумусовая прослойка (5–7 см) тёмно-серого цвета (рис. 4В 2) и «пестроцвет» (тёмно-серый материал с палевыми и белёсыми вкраплениями) (рис. 4В 3).

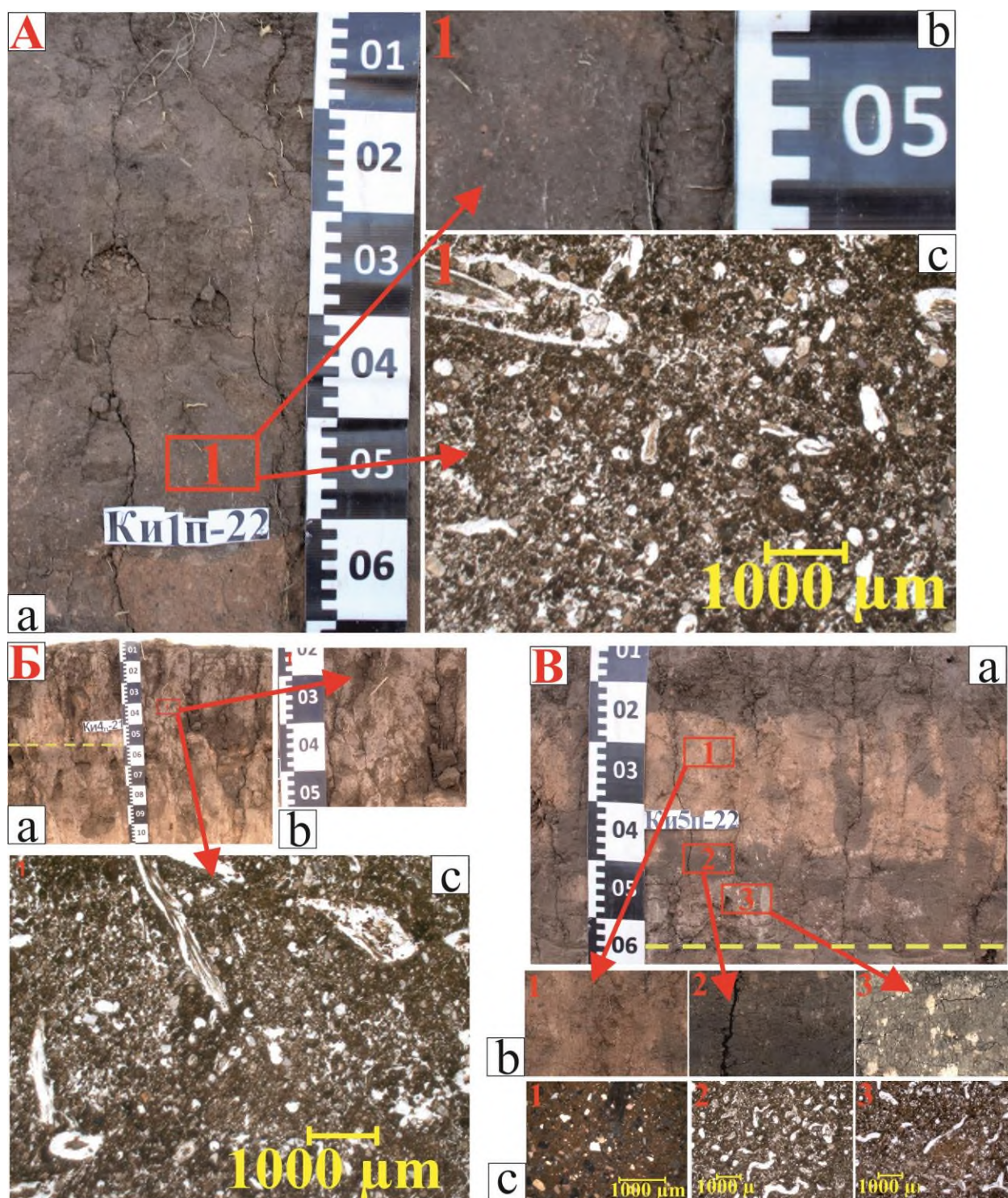


Рисунок 4. Строение курганных конструкций кургана 1 (А), 4 (Б) и 5 (В) курганного могильника Каликино II. (а) макро-, (б) мезо- и (с) микроморфологические снимки. В: 1 – рыжие «кирпичи»; 2 – гумусовая прослойка; 3 – «пестроцвет». Жёлтым пунктиром обозначена поверхность погребённой почвы.

При микроморфологическом анализе рыжие «кирпичи» выделялись наиболее плотным сложением, наибольшей окисленностью, вероятнее всего, материал брался из карбонатного горизонта Вк (рис. 4В 1) Повсеместно заметны изометричные замкнутые поры (*polyconcave vughs*) (Саммас, 2018). Также отмечено использование антропогенного материала – ила и раковин, костей. Гумусовая прослойка имела чередование микрозон тёмного уплотнённого обогащённого органическим веществом материала и разрозненного более светлого рыхлого, границы между

микроразнообразия нечёткие (рис. 4В 2). «Пестроцвет» на микроуровне характеризуется ровно таким же строением, как и КК кургана 1 курганного могильника Ташла IV.

Антропогенные примеси, присутствующие в КК курганного могильника Каликино II – это речной ил, раковины, совсем немного угольной пыли. Наиболее интересным является наличие растительных остатков в материале этих конструкций, что выделяет их из всех других ямных курганов.

Физико-химические свойства материала конструкции кургана 1 курганного могильника Болдырево IV. Физико-химические свойства материалов конструкций указывают на то, что КК I-IV и обмазка подрезанной площадки имеют существенные различия (рис. 5). Гранулометрический состав четырёх конструкций можно охарактеризовать как супесчаный, а обмазки вокруг основного погребения – как среднесуглинистый, близкий к тяжелосуглинистому.

Серо-коричневый материал из КК I и II, взятый предположительно из гумусового горизонта погребённой почвы, имеет более высокие величины $S_{орг}$ (0,35%) и МВ (45×10^{-8} ед. СИ) и меньшие – $S_{карб}$ (0,12%), ППП (2,1%), pH_{H_2O} (7,3) по сравнению с материалами КК III и IV (рис. 5).

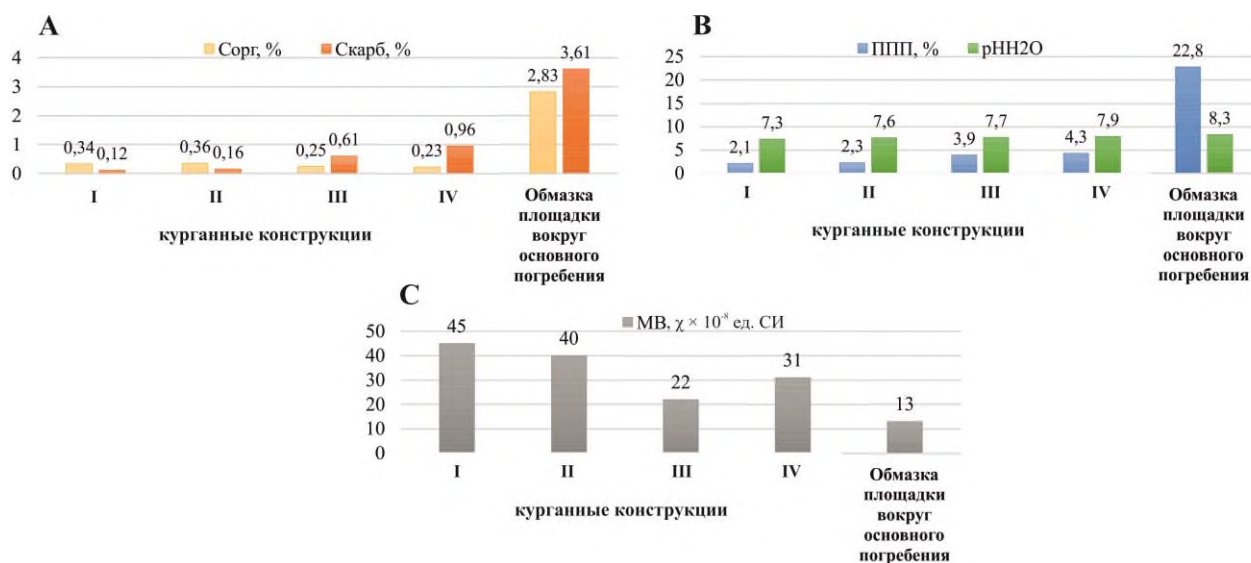


Рисунок 5. Физико-химические свойства материала курганных конструкций ключевого участка Болдырево IV: А – органический углерод ($S_{орг}$, %), углерод карбонатный ($S_{карб}$, %); Б – потери при прокаливании (ППП, %), pH_{H_2O} ; В – магнитная восприимчивость (10^{-8} ед. СИ).

В КК IV содержание $S_{карб}$ (0,96%) и ППП (7,9%), величины pH_{H_2O} (7,9) наибольшее среди остальных конструкций. Обмазка выделяется на порядок повышенными значениями $S_{орг}$ (2,83%), $S_{карб}$ (3,61%) и ППП (22,8%), более высокими значениями pH_{H_2O} (8,3), и самой низкой величиной МВ (13×10^{-8} ед. СИ) (рис. 5). Поскольку из обмазки перед анализом все речные раковины были удалены вручную, столь высокое содержание $S_{карб}$ склоняет к мысли, что в смесь для обмазки мог быть добавлен измельченный карбонатный материал (например, толчёные известняки или раковины).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённый нами анализ показывает, что племена ямной культуры, начиная с самого раннего репинского этапа её развития, владели техническими навыками земляного строительства курганов, которые позволяли им возводить как гигантские (курган 1 курганного могильника Болдырево IV), так и более скромные по размерам погребальные сооружения. Можно подчеркнуть, что независимо от размеров, КК именно строились, а не просто насыпались из земли в хаотичном порядке.

В результате проведённых геоархеологических работ можно сделать выводы по нескольким направлениям. В первую очередь, анализ подкурганного педохроноряда кургана 1 курганного могильника Болдырево IV позволил выявить тенденцию смены климатических условий для изучаемого временного интервала (Сверчкова и др., 2022). Во-вторых, на основании мезо- и микроморфологического анализа материала пяти курганных конструкций ямной культуры удалось

доказать, что курганы построены из местных почв с добавлением антропогенного материала методом замеса и трамбования в сыром виде.

На использование палеопочвенного материала как основы для строительства курганов указывает ряд признаков – сходный гранулометрический состав палеопочв и курганных конструкций, соответствие цвета курганных конструкций и соответствующих генетических почвенных горизонтов. А для кургана 1 курганного могильника Болдырево IV также отмечается однонаправленное изменение физико-химических свойств материалов от первой к четвертой конструкциям и погребенных под каждой из них почв (Сверчкова и др., 2022).

Курган 1 курганного могильника Болдырево IV имел внушительные размеры и наиболее сложную из изученных конструкцию. При строительстве всех его конструкций использовали речной ил, что подтверждается наличием речных раковин и скоплениями пятен темного органического вещества, а также встречается антропогенный материал – угли, кости. Во всех трёх первых конструкциях слабо заметны следы замеса, что может быть связано с относительно крупным размером минеральных зерен (супесчаный гранулометрический состав) и слабой окарбоначенностью строительного материала.

КК I и II похожи и были построены в основном из материала горизонтов Ah с небольшой примесью AhB, в них фиксируется наибольшее содержание $S_{\text{орг}}$ и самые большие величины MB, наименьшее содержание $S_{\text{карб}}$, наименьшие величины ППП и pH_{H_2O} . В отличие от почв, в материалах земляных конструкций в большей степени отмечена вокругскелетная ориентировка железисто-глинистого тонкодисперсного материала, которая свидетельствует о том, что материал трамбовали в сыром виде, либо выдерживали в воде.

КК III и IV были построены в основном из материала более глубоких горизонтов почвы AhBk и Bk, на что указывают меньшие содержание $S_{\text{орг}}$ и величина χ , но большие содержание $S_{\text{карб}}$, величины ППП и pH_{H_2O} . В КК III в микроразонах с обогащением органо-железисто-глинистым материалом отмечены следы очень слабого и грубого перемешивания материала. Напротив, КК IV отличается хорошо заметными уплотненными фрагментами тонкодисперсного материала, которые сильно окарбонены. При этом материал КК IV, которую строили в период нарастающей аридизации климата (по палеопочвенным данным), демонстрирует наименьшее содержание $S_{\text{орг}}$ и наибольшее – $S_{\text{карб}}$.

Материал обмазки был приготовлен из речного ила с добавлением извести и антропогенных включений, тщательно перемешан и в сыром виде использован для покрытия подрезанной поверхности ритуальной площадки с целью обозначения ее границ, а на поверхности КК II – укрепления конструкции и сохранения ее на долгое время. При этом физико-химические свойства обмазки площадки вокруг центрального основного погребения кардинально отличаются от свойств всех других материалов курганных конструкций.

Проведенный анализ конструкций пяти курганов различных этапов ямной культуры на территории Оренбургской области (см. табл. 1), несмотря на разницу размеров археологических памятников, показал использование схожих приёмов при их возведении.

Повсеместно отмечено использование тщательного замеса материала из гумусового и карбонатного горизонта, на что указывает неоднородная окраска материала (чередование темных и светлых участков) и их различное сложение. Трещинная сеть указывает на то, что в некоторых случаях материал трамбовали с использованием воды и укладывали блоками (курган 1 курганного могильника Ташла IV, курган 5 курганного могильника Каликино II). Поровая сеть, наблюдаемая на микроуровне изучения, указывает на то, что материал трамбовали во влажном состоянии. Также отмечено использование антропогенных примесей – ила, костей и раковин. Лишь в каликинских курганах зафиксировано использование растительного сырья при создании цементов для конструкций, что можно считать микрорегиональной особенностью этой группы людей – носителей ямной культуры.

Таким образом, можно констатировать, что представители ямной культуры владели строительными навыками и знаниями в области земляного строительства. При строительстве курганов они тщательно замешивали и уплотняли светлый (окарбоненный) и темный (более глинистый, более прокрашенный железом и обогащенный органическим веществом) материал из карбонатного и гумусового горизонта, соответственно. Тем самым люди создавали «пестроцвет» – плотный неоднородный материал, который сохранился в КК на тысячи лет. При строительстве более крупных по размеру КК к пестроцвету прибавляются элементы сравнительно однородного материала – конструкция либо только из гумусового горизонта, либо из карбонатного горизонта,

например, курган 1 курганного могильника Болдырево IV, но и здесь создается неоднородность, которая зафиксирована на микроуровне наблюдения. То есть, материалы используются из одних и тех же горизонтов почвы, но технология (создание «пестроцвета») остаётся прежней. Также, на примере кургана 5 курганного могильника Каликино II, четко прослеживается более сложная конструкция, которая включает в себя не только пестроцвет, но и элементы замешанного однородного материала – рыжие карбонатные «кирпичи» и гумусовую прослойку. При этом все равно основным приёмом строительства остаётся замес. Использование растительного сырья в КК каликинских курганов – пример знаний людьми ямной культуры технологии сырцового строительства.

Благодаря комплексному анализу курганных конструкций можно убедиться в том, что с самого начала строительства больших курганов древние люди не просто нагромождали земляные материалы в хаотичном порядке, а всегда использовали конкретные планы строительства, навыки и технологии, доступные на тот момент. В данной работе на примере пяти курганов ямной культуры бронзового века был выделен основной метод их строительства – создание пестроцвета, и используемые для этого приёмы – замес, трамбовка, включение антропогенного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изучения памятников ямной культуры в Южном Приуралье – курганов в курганном могильнике Болдырево IV, Ташла IV и Каликино II – можно сделать ряд заключений. Уже на самом начальном этапе возведения курганных сооружений люди заблаговременно продумывали план и изучали различные технологии земляного строительства. Возможно, благодаря кочевому образу жизни, различные культуры и цивилизации перенимали друг у друга знания о приёмах строительства земляных памятников, которые должны были и простояли сохранными многие сотни и тысячи лет.

На основе мезо- и микроморфологического анализа субстратов изученных курганных конструкций можно констатировать, что представители ямной культуры владели знаниями о строительных технологиях и использовали их. Основным приёмом возведения кургана является создание пестроцвета – замешанный грунт из гумусового или карбонатного горизонта почвы с примесями антропогенного и карбонатного материала. На микроморфологическом уровне это выглядит как чередование светлых и тёмных микрозон тонкодисперсного материала. При строительстве небольших курганов люди использовали грубый замес и трамбовку, а для курганов побольше использовали либо более сложную конструкцию, либо более тщательный замес и трамбовку, а также более длительное воздействие воды.

Таким образом, курганные сооружения являются свидетелями особенностей развития той или иной культуры, а сохранившиеся монументальные курганные сооружения – достоверный источник информации для изучения строительной деятельности различных эпох. Изучив технологию строительства кургана, выявив материал, различные добавки или примеси в строительных материалах, можно представить уровень развития строительного дела у народов былых времен и его динамику.

Дальнейший анализ технологий строительства земляных памятников различных культур может быть использован для определения хронологии и близости археологических культур в широком временном (от позднего неолита до сарматского времени) и пространственном (от лесной до сухостепной зоны) масштабе.

Изучение технологий строительства кургана является самостоятельной отраслью для палеогеографических реконструкций, а курганные конструкции – уникальным объектом для проведения палеоклиматических реконструкций, изучения архитектуры земляного памятника и получения данных о технологии, применявшейся древними людьми для его строительства. Результаты изучения курганных конструкций могут и должны быть использованы в современной ландшафтной архитектуре или при реконструкции методов сооружения земляных архитектурных памятников, так как сохранившиеся курганы, многие из которых простояли в течение тысячелетий и не разрушились, являются достоверными и уникальными источниками информации о строительных технологиях при работе с почвенным материалом.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны сотрудникам археологической лаборатории Оренбургского педагогического университета за совместное проведение экспедиционных работ.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа проведена при поддержке гранта РФФ (проект № 23-68-10006 на тему «Этнокультурные процессы в бронзовом и раннем железном веке»).

ЛИТЕРАТУРА

- Александровский А.Л., Хохлова О.С., Седов С.Н. Большой Ипатовский курган глазами почвовед // Российская археология. 2004. № 2. С. 61–70.
- Антонова З.П., Скалабян Л. Г., Сучилкина Л. Г. Определение содержания в почвах гумуса // Почвоведение. 1984. № 11. С. 130–133.
- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
- Баженов А.И., Сафарова Л.Р., Якимов А.С., Таиров А.Д. «Кирпич-цемент» – универсальная система для строительства курганов // Этнические взаимодействия на Южном Урале: сб. науч. тр. / А.Д. Таиров, Н.О. Иванова (отв. ред.). Челябинск: Рифей, 2013. С. 251–257.
- Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.
- Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. Москва: ГЕОС, 2006. 400 с.
- Географический атлас Оренбургской области / Ред. А.А. Чибилев. Москва: Изд-во ДИК, 1999. 96 с.
- Герасимова М.И., Ковда И.В., Лебедева М.П., Турсина Т.В. Микроморфологические термины как отражение современного состояния исследований микростроения почв // Почвоведение. 2011. № 7. С. 804–817.
- Грязнов М.П. Курган как архитектурный памятник // Тезисы докладов на заседаниях, посвящённых итогам полевых исследований в 1961 г. Москва, 1961. С. 22–25.
- Зданович Г.Б., Иванов И.В., Хабдулина М.К. Опыт использования в археологии естественных методов исследования (курганы Кара-оба и Обалы в Северном Казахстане) // Советская археология. 1984. № 4. С. 35–48.
- Корневский С.Н. Рождение кургана. Москва: Таус, 2012. 246 с.
- Корневский С. Н., Моргунова Н. Л. К дискуссии о происхождении и культурной принадлежности первых курганов в степях Восточной Европы и Предкавказья // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4: История. Регионоведение. Международные отношения. 2022. Т. 27. № 3. С. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2022.3.2>.
- Наглер А.О. Курганы Большой степи как архитектурные сооружения // Наука из первых рук. 2015. Т. 64. № 4. С. 70–85.
- Плеханова Л.Н., Демкин В.А., Манахов Д.В. Палеопочвенные исследования курганов эпох бронзы и раннего железа (II тыс. до н.э. – I тыс. н.э.) в степном Зауралье // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2005. № 4. С. 3–10.
- Плеханова Л.Н. Результаты палеопочвенных работ на центральной бровке Большого Синташтинского кургана // Геоархеология и археологическая минералогия. 2018. Т. 5. С. 54–60.
- Сверчкова А.Э., Хохлова О.С., Моргунова Н.Л., Мякшина Т.Н. Большой Болдыревский курган раннего бронзового века в Южном Приуралье: курганные конструкции, палеопочвы, реконструкции палеоклимата // Почвоведение. 2022. № 6. С. 687–700. DOI: 10.31857/S0032180X22060132.
- Хохлова О.С., Хохлов А.А., Наглер А.О. Изучение конструкции курганных сооружений методами почвоведения (на примере кургана Марфа в Ставропольском крае) // Мультидисциплинарные методы в археологии. Новейшие итоги и перспективы. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2017. С. 358–367.
- Хохлова О.С., Наглер А.О. Курган Марфа в Ставропольском крае – пример древнего архитектурного сооружения // Археология, этнография и антропология Евразии. 2020. Т. 48. № 2. С. 38–48. DOI: 10.17746/1563-0102.2020.48.2.038-048.
- Чибилев А.А. Природа Оренбургской области. Часть I. Физико-географический и историко-географический очерк. Оренбургский филиал Русского географического общества. Оренбург, 1995. 128 с.
- Юминов А.М., Зданович Г.Б., Зданович Д.Г. Минералогия и физические свойства грунтовых блоков Большого Синташтинского кургана (Южный Урал) // Геоархеология и археологическая минералогия. 2017. Т. 4. С. 87–92.

- Borisov A.V., Krivosheev M.V., Mimokhod R.A., El'tsov M.V. "Sod blocks" in kurgan mounds: Historical and soil features of the technique of tumuli erection // *Journal of Archaeological Science*. 2019. Vol. 24. P. 122–131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.01.005>.
- Cammas C. Micromorphology of earth building materials: Toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods) // *Quaternary International*. 2018. Vol. 483. P. 160–179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.031>.
- Courty M.A., Goldberg P., Macphail R.I. *Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 344 p.
- Creameens D. L. Micromorphology of cotiga mound West Virginia // *Geoarchaeology*. 2005. Vol. 20. Iss. 6. P. 581–597. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.20069>.
- Friesem D.E., Watzel J., Onfray M. Earth construction materials // *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. 2017. P. 99–110. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118941065.ch10>.
- Hildebrandt-Radke I., Makarowicz P., Matviishyna Zh N., Parkhomenko A., Lysenk, S.D., Kochkin I.T. Late Neolithic and Middle Bronze Age barrows in Bukivna, Western Ukraine as a source to understand soil evolution and its environmental significance // *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2019. Vol. 27. P. 101972. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101972>.
- Hourani F. Les matériaux de construction en terre à Khirokitia (Chypre): origines, techniques de préparation et emplois. In book: *Echanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue 1. Terre modelée, découpée ou coffrée. Matériaux et modes de mise en œuvre* / Chazelles C.-A. de, Klein A., Acetta A. (Eds.). Proceedings of a Conference Held 17–18 November 2000. L'Esperou Ed., Montpellier, 2003. P. 161–168.
- Hubbard E. Livestock and people in a middle chalcolithic settlement: a micromorphological investigation from tell Tsaf, Israel // *Antiquity*. 2010. Vol. 84. Iss. 326. P. 1123–1134. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003598X00067120>.
- Karkanias P., Efstratiou N. Floors sequences in Neolithic Makri, Greece: micromorphology reveals cycles of renovation // *Antiquity*. 2009. Vol. 83. Iss. 322. P. 955–967. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003598X00099270>.
- Karkanias P., Van de Moortel A. Micromorphological analysis of sediments at the Bronze Age site of Mitrou, central Greece: patterns of floor construction and maintenance // *Journal of Archaeological Science*. 2014. Vol. 43. P. 198–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.01.007>.
- Khokhlova O.S., Nagler A.O. The Marfa Kurgan in the Stavropol Territory: An Example of an Ancient Architectural Structure // *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. 2020. Vol. 48. №. 2. P. 38–48. DOI: <https://doi.org/10.17746/1563-0110.2020.48.2.038-048>.
- Krivosheev M.V., El'tsov M.V., Mimokhod R.A., Borisov A.V. Soil blocks as construction elements in Kurgan architecture of Sarmatian funeral monuments of the Volga-Don interfluvium. In book: *Papers of the International Soil Sciences Conference in the Memory of the V.A. Demkin* / Gubin S.V., Borisov A.V., Udaltsov S.N. (Eds.). Pushchino: Fotonvek, 2014. P. 226–229.
- Macphail R.I., Courty M.A., Goldberg P. Soil micromorphology in archaeology // *Endeavour*. 1990. Vol. 14. Iss. 4. P. 163–171. DOI: [https://doi.org/10.1016/0160-9327\(90\)90039-T](https://doi.org/10.1016/0160-9327(90)90039-T).
- Macphail R.I., Goldberg P. Archaeological materials. In book: *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* / G.J. Stoops, V. Marcelino, & F. Mees (Eds.). Elsevier, 2010. P. 589–622.
- Makeev A., Rusakov A., Kurbanova F., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Milanovskiy E., Egli M., Denisova E., Aseyeva E., Rusakova E., Mihailov E. Soils at archaeological monuments of the bronze age – a key to the Holocene landscape dynamics in the broadleaf forest area of the Russian plain // *Quaternary International*. 2021. Vol. 590. P. 26–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.015>.
- Matthews W., French C., Lawrence T., Cutler D.F. Multiple surfaces: the micromorphology. In book: *On the Surface: Catalhöyük 1993-95* / Hodder, I. (Ed.). Cambridge: MacDonal Institute for research & British Institute of Archaeology of Ankara, 1996. P. 301–342.
- Matthews W., French C., Lawrence T., Cutler D.F., Jones M.K. Microstratigraphic traces of site formation processes and human activities // *World Archaeology*. 1997. Vol. 29. Iss. 2. P. 281–308. DOI: <https://doi.org/10.1080/00438243.1997.9980378>.
- Matthews W. Micromorphological characterisation of occupation deposits and microstratigraphic sequences at Abu Salabikh, Southern Iraq. In book: *Archaeological Sediments and Soils: Analysis, Interpretation and Management*, Institute of Archaeology / Barham, A.J., Macphail, R.I. (Eds.). London: University College, 1995. P. 41–76.

Morgunova N.L., Khokhlova O.S. Development of ancient cultures and paleoenvironment during the Eneolithic Period and the Early Bronze Age in the Southern Cis-Urals steppe (Russia) // Archaeological and Anthropological Sciences. 2020. 12. 241. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01197-w>.

Mozolevskiy B.N., Polin S.V. Kurgans of Scythian Gerros of IVth Century BC (Babina, Vodjana and Sobolevamogily). Kiev: Stilos Publishing House, 2005. 600 p.

Nagler A. Grabanlagen der frühen Nomaden in der eurasischen Steppe im 1. Jahrtausend v. Chr. // Unbekanntes Kasachstan. Archäologie im Herzen Asiens. Bochum, 2013.

Ortmann A.L., Kidder T.R. Building mound A at poverty point. Monumental Public Architecture, Ritual Practice, and Implications for Hunter-Gatherer Complexity // Geoarchaeology. 2013. Vol. 28. P. 66–86. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.21430>.

Stordeur D., Watez J. À la recherche de nouvelles clés. Étude géoarchéologique de Qdeir 1, PPNB Final, Désert syrien // Cahiers de l'Euphrate. 1998. Vol. 8. P.115–138.

Поступила в редакцию 22.08.2023

Принята 09.10.2023

Опубликована 13.10.2023

Сведения об авторах:

Хохлова Ольга Сергеевна – доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории экологии и генезиса почв, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Московская область, г. Пушкино, Россия); olga_004@rambler.ru

Сверчкова Алёна Эдуардовна – инженер отдела географии и эволюции почв, Институт географии РАН (Москва, Россия); acha3107@gmail.com

Моргунова Нина Леонидовна – доктор исторических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории археологии, Оренбургский государственный педагогический университет (Оренбург, Россия); nina-morgunova@yandex.ru

Файзуллин Айрат Асхатович – кандидат исторических наук, ведущий научный сотрудник отдела научных исследований, Оренбургский государственный педагогический университет (Оренбург, Россия); faizullin.airat@yandex.ru

Мякшина Татьяна Николаевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии и генезиса почв, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (Московская область, г. Пушкино, Россия); mtn59@mail.ru

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License

BASIC TECHNIQUES OF MOUND CONSTRUCTION OF THE YAMNAYA CULTURE IN THE SOUTHERN URALS

© 2023 O. S. Khokhlova ¹, A. E. Sverchkova ², N. L. Morgunova ³, A. A. Faizullin ³,
T. N. Myakshina ¹

¹Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences, Pushchino, 142290 Russia. E-mail: olga_004@rambler.ru

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetny per., 29, Moscow, 119017 Russia. E-mail: acha3107@gmail.com

³Orenburg State Pedagogical University, Sovetskaya str. 19., Orenburg, 460000 Russia. E-mail: nina-morgunova@yandex.ru

The aim of the study. To determine the material and basic techniques for constructing burial mounds (kurgans) of the Yamnaya culture of the Bronze Age in the Southern Urals based on a comprehensive analysis with an emphasis on meso- and micromorphological analysis.

Location and time of the study. The research objects are located in the Orenburg region within the East European Plain. Security excavations were carried out in 2019-2022 at three burial mounds located in the Tashlinsky (mound burial grounds Boldyrevo IV and Tashla IV) and Grachevsky districts (kurgan burial ground Kalikino II) of the Orenburg region. Mound 1 in the Boldyrevo IV burial mound, due to its significant size of 4.2 m in height and 60 m in diameter was chosen as a key object for which a full survey was carried out. Additionally, the smaller in size mounds of the 1st burial mound Tashla IV, as well as 1, 4 and 5 of the Kalikino II burial mound were studied.

Methods. To determine the source of building materials and the basic techniques of soil and ground subsoil substrates for mound construction, a comprehensive analysis was carried out with an emphasis on macro-, meso- and micromorphological properties of the substrates. For the analytical study, which was carried out only for the Boldyrevo IV mound 1, total carbon content, organic and inorganic (carbonates) carbon content, loss on ignition, particle size distribution, magnetic susceptibility and pH were determined.

Results. The structure and materials of five burial mounds of the Yamnaya culture of the Bronze Age (5500 - 4300 years ago) were studied. The kurgans were proven to have been built from the local soils with the addition of anthropogenic material (silt, bones, shells). Representatives of the Yamnaya culture created variegated flowers using the construction techniques such as kneading, ramming, and the inclusion of anthropogenic material. At the micromorphological level, these techniques produces patterns of light loose and more compacted dark microzones in construction materials.

Conclusions. Based on meso- and micromorphological analysis of the studied mound structures, we conclude that the representatives of the Yamnaya culture had knowledge of construction technologies and used them appropriately. The main method of mound constructing was creating a variegated mixed soil from humus or carbonate horizons with admixtures of anthropogenic and carbonate material. When building small mounds, people used rough kneading and tamping, but for larger mounds, either more complex construction was used, or more thorough kneading and tamping, as well as longer exposure to water.

Key words: kurgan structures; micromorphology; construction technologies; Yamnaya culture; Bronze Age; Southern Urals.

How to cite: Khokhlova O.S., Sverchkova A.E., Morgunova N.L., Faizullin A.A., Myakshina T.N. Basic techniques of mound construction of the Yamnaya culture in the Southern Urals // *The Journal of Soils and Environment*. 2023. 6(2). e213. DOI: [10.31251/pos.v6i2.213](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.213) (in Russian with English abstract).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are very thankful to the staff of the archaeological laboratory of the Orenburg Pedagogical University for conducting the field work together.

FUNDING

The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project No. 23-68-10006).

REFERENCES

- Alexandrovsky A.L., Khokhlova O.S., Sedov S.N. Big Ipatovsky barrow through the eyes of a soil scientist. *Russian archeology*. 2004. No. 2. P. 61–70. (in Russian).
- Antonova Z.P., Skalabyan L.G., Suchilkina L.G. Determination of humus content in soils. *Pochvovedenie*. 1984. No. 11. P. 130–133. (in Russian).
- Arinushkina E.V. Guide to the chemical analysis of soils. Moscow: Publishing House of MSU, 1970. 488 p. (in Russian).
- Bazhenov A.I., Safarova L.R., Yakimov A.S., Tairov A.D. "Brick-cement" - a universal system for the construction of mounds. In book: *Ethnic interactions in the South Urals: coll. scientific tr. / A.D. Tairov, N.O. Ivanova (resp. editor)*. Chelyabinsk: Rifev, 2013. P. 251–257. (in Russian).
- Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soils. Moscow: Agropromizdat, 1986. 416 p. (in Russian).
- Vorobieva L.A. Theory and practice of chemical analysis of soils. Moscow: GEOS, 2006. 400 p. (in Russian).
- Geographical atlas of the Orenburg region. Ed. A.A. Chibilev. Moscow: Publishing House DIK, 1999. 96 p. (in Russian).
- Gerasimova M.I., Kovda I.V., Lebedeva M.P., Tursina T.V. Micromorphological terms: the state of the art in soil microfabric research. *Eurasian Soil Science*. 2011. Vol. 44. No. 7. C. 739–752. DOI: [10.1134/S1064229311070052](https://doi.org/10.1134/S1064229311070052).

- Gryaznov M.P. The mound as an architectural monument. Abstracts of reports at meetings devoted to the results of field research in 1961. Moscow, 1961. P. 22–25 (in Russian).
- Zdanovich G.B., Ivanov I.V., Khabdulina M.K. Experience in the use of natural research methods in archeology (barrows of Kara-oba and Obala in Northern Kazakhstan). *Soviet archeology*. 1984. No. 4. P. 35–48. (in Russian).
- Korenevsky S.N. Birth of the mound. Moscow: Taus, 2012. 246 p. (in Russian).
- Korenevsky S.N., Morgunova N. L. On the discussion of the origin and cultural affiliation of the first mounds in the steppes of Eastern Europe and Ciscaucasia. *Bulletin of the Volgograd State University. Series 4. History. Regional studies. International relationships*. 2022. Vol. 27. No. 3. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2022.3.2>. (in Russian).
- Nagler A.O. Mounds of the Great Steppe as architectural structures. *Science first hand*. 2015. Vol. 64. No. 4. P. 70–85. (in Russian).
- Plekhanova L.N., Demkin V.A., Manakhov D.V. Paleosoil studies of burial mounds of the Bronze and Early Iron Ages (2nd millennium BC - 1st millennium AD) in the steppe Trans-Urals. *Bulletin of Moscow University. Series 17. Soil Science*. 2005. No. 4. P. 3–10. (in Russian).
- Plekhanova L.N. The results of paleosol work on the central edge of the Great Sintashta mound. *Geoarchaeology and archaeological mineralogy*. 2018. Vol. 5. P. 54–60. (in Russian).
- Sverchkova A.E., Khokhlova O.S., Myakshina T.N., Morgunova N.L. Big Boldyrevo Kurgan of the Early Bronze Age in the Southern Urals: Kurgan Structures, Paleosols, and Paleoclimate Reconstruction. *Eurasian Soil Science*. 2022. Vol. 55. No. 6. P. 722–733. DOI: 10.1134/S1064229322060138.
- Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., Nagler A.O. Study of the construction of mound structures by soil science methods (on the example of the Marfa mound in the Stavropol Territory). In book: *Multidisciplinary methods in archeology. The latest results and prospects*. Novosibirsk: Publishing house of IAET SO RAN, 2017. P. 358–367. (in Russian).
- Khokhlova O.S., Nagler A.O. Mound Marfa in the Stavropol Territory - an example of an ancient architectural structure. *Archeology, Ethnography and Anthropology of Eurasia*. 2020. Vol. 48. No. 2. P. 38–48. DOI: 10.17746/1563-0102.2020.48.2.038-048. (in Russian).
- Chibilev A.A. Nature of the Orenburg region. Part I. Physical-geographical and historical-geographical essay. Orenburg branch of the Russian Geographical Society. Orenburg, 1995. 128 p. (in Russian).
- Yuminov A.M., Zdanovich G.B., Zdanovich D.G. Mineralogy and physical properties of soil blocks of the Great Sintashta Kurgan (Southern Urals). *Geoarchaeology and Archaeological Mineralogy*. 2017. Vol. 4. P. 87–92. (in Russian).
- Borisov A.V., Krivosheev M.V., Mimokhod R.A., El'tsov M.V. “Sod blocks” in kurgan mounds: Historical and soil features of the technique of tumuli erection. *Journal of Archaeological Science*. 2019. Vol. 24. P. 122–131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.01.005>.
- Cammas C. Micromorphology of earth building materials: Toward the reconstruction of former technological processes (Protohistoric and Historic Periods). *Quaternary International*. 2018. Vol. 483. P. 160–179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.01.031>.
- Courty M.A., Goldberg P., Macphail R.I. *Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 344 p.
- Creameens D. L. Micromorphology of cotiga mound West Virginia. *Geoarchaeology*. 2005. Vol. 20. Iss. 6. P. 581–597. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.20069>.
- Friesem D.E., Watzek J., Onfray M. Earth construction materials. *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. 2017. P. 99–110. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118941065.ch10>.
- Hildebrandt-Radke I., Makarowicz P., Matviishyna Zh N., Parkhomenko A., Lysenk, S.D., Kochkin I.T. Late Neolithic and Middle Bronze Age barrows in Bukivna, Western Ukraine as a source to understand soil evolution and its environmental significance. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 2019. Vol. 27. P. 101972. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101972>.
- Hourani F. Les matériaux de construction en terre a Khirokitia (Chypre): origines, techniques de preparation et emplois. In book: *Echanges transdisciplinaires sur les constructions en terre crue 1. Terre modelee, decoupee ou coffree. Matériaux et modes de mise en oeuvre / Chazelles C.-A. de, Klein A., Acetta A. (Eds.)*. Proceedings of a Conference Held 17–18 November 2000. L'Esperou Ed., Montpellier, 2003. P. 161–168.

- Hubbard E. Livestock and people in a middle chalcolithic settlement: a micromorphological investigation from tell Tsaf, Israel. *Antiquity*. 2010. Vol. 84. Iss. 326. P. 1123–1134. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003598X00067120>.
- Karkanas P., Efstratiou N. Floors sequences in Neolithic Makri, Greece: micromorphology reveals cycles of renovation. *Antiquity*. 2009. Vol. 83. Iss. 322. P. 955–967. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003598X00099270>.
- Karkanas P., Van de Moortel A. Micromorphological analysis of sediments at the Bronze Age site of Mitrou, central Greece: patterns of floor construction and maintenance. *Journal of Archaeological Science*. 2014. Vol. 43. P. 198–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.01.007>.
- Khokhlova O.S., Nagler A.O. The Marfa Kurgan in the Stavropol Territory: An Example of an Ancient Architectural Structure. *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*. 2020. Vol. 48. No. 2. P. 38–48. DOI: <https://doi.org/10.17746/1563-0110.2020.48.2.038-048>.
- Krivoshchev M.V., Eltsov M.V., Mimokhod R.A., Borisov A.V. Soil blocks as construction elements in Kurgan architecture of Sarmatian funeral monuments of the Volga-Don interfluvium. In book: *Papers of the International Soil Sciences Conference in the Memory of the V.A. Demkin / Gubin S.V., Borisov A.V., Udaltsov S.N. (Eds.)*. Pushchino: Fotonvek, 2014. P. 226–229.
- Macphail R.I., Courty M.A., Goldberg P. Soil micromorphology in archaeology. *Endeavour*. 1990. Vol. 14. Iss. 4. P. 163–171. DOI: [https://doi.org/10.1016/0160-9327\(90\)90039-T](https://doi.org/10.1016/0160-9327(90)90039-T).
- Macphail R.I., Goldberg P. Archaeological materials. In book: *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths / G.J. Stoops, V. Marcelino, & F. Mees (Eds.)*. Elsevier, 2010. P. 589–622.
- Makeev A., Rusakov A., Kurbanova F., Khokhlova O., Kust P., Lebedeva M., Milanovskiy E., Egli M., Denisova E., Aseyeva E., Rusakova E., Mihailov E. Soils at archaeological monuments of the bronze age – a key to the Holocene landscape dynamics in the broadleaf forest area of the Russian plain. *Quaternary International*. 2021. Vol. 590. P. 26–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.09.015>.
- Matthews W., French C., Lawrence T., Cutler D.F. Multiple surfaces: the micromorphology. In book: *On the Surface: Catalhöyük 1993–95 / Hodder, I. (Ed.)*. Cambridge: MacDonal Institute for research & British Institute of Archaeology of Ankara, 1996. P. 301–342.
- Matthews W., French C., Lawrence T., Cutler D.F., Jones M.K. Microstratigraphic traces of site formation processes and human activities. *World Archaeology*. 1997. Vol. 29. Iss. 2. P. 281–308. DOI: <https://doi.org/10.1080/00438243.1997.9980378>.
- Matthews W. Micromorphological characterisation of occupation deposits and microstratigraphic sequences at Abu Salabikh, Southern Iraq. In book: *Archaeological Sediments and Soils: Analysis, Interpretation and Management*, Institute of Archaeology / Barham, A.J., Macphail, R.I. (Eds.). London: University College, 1995. P. 41–76.
- Morgunova N.L., Khokhlova O.S. Development of ancient cultures and paleoenvironment during the Eneolithic Period and the Early Bronze Age in the Southern Cis-Urals steppe (Russia). *Archaeological and Anthropological Sciences*. 2020. 12. 241. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01197-w>.
- Mozolevskiy B.N., Polin S.V. Kurgans of Scythian Gerros of IVth Century BC (Babina, Vodjana and Sobolevamogily). Kiev: Stilos Publishing House, 2005. 600 p.
- Nagler A. Grabanlagen der frühen Nomaden in der eurasischen Steppe im 1. Jahrtausend v. Chr. Unbekanntes Kasachstan. *Archäologie im Herzen Asiens*. Bochum, 2013.
- Ortmann A.L., Kidder T.R. Building mound A at poverty point. *Monumental Public Architecture, Ritual Practice, and Implications for Hunter-Gatherer Complexity*. *Geoarchaeology*. 2013. Vol. 28. P. 66–86. DOI: <https://doi.org/10.1002/gea.21430>.
- Stordeur D., Watzel J. À la recherche de nouvelles clés. Étude géoarchéologique de Qdeir 1, PPNB Final, Désert syrien. *Cahiers de l'Euphrate*. 1998. Vol. 8. P.115–138.

Received 22 August 2023
Accepted 09 October 2023
Published 13 October 2023

About the authors:

Khokhlova Olga Sergeevna – Doctor of Geographical Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Soil Ecology and Genesis, Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences (Moscow Region, Pushchino, Russia); olga_004@rambler.ru

Sverchkova Alena Eduardovna – Engineer of the Department of Geography and Soil Evolution, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia); acha3107@gmail.com

Morgunova Nina Leonidovna – Doctor of Historical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Archeology, Orenburg State Pedagogical University (Orenburg, Russia); nina-morgunova@yandex.ru

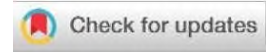
Fayzullin Airat Askhatovich – Candidate of Historical Sciences, Leading Researcher of the Department of Scientific Research, Orenburg State Pedagogical University (Orenburg, Russia); faizullin.airat@yandex.ru

Myakshina Tatyana Nikolaevna – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Soil Ecology and Genesis, Institute of Physical, Chemical and Biological Problems of Soil Science, Russian Academy of Sciences (Moscow Region, Pushchino, Russia); mtn59@mail.ru

The authors read and approved the final manuscript



The article is available under Creative Commons Attribution 4.0 License



РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2023 Ю. И. Прейс , Е. А. Головацкая , М. М. Кабанов 

ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
проспект Академический, 10/3, г. Томск, 634005, Россия. E-mail: preisyui@rambler.ru

Цель исследования. Разработка методического подхода к оценке запасов углерода, депонированных в торфяных месторождениях Западной Сибири, на основе анализа имеющихся литературных и фондовых материалов и с учётом возможности быстрой переоценки запасов углерода при поступлении новых данных.

Методы. Анализ литературных данных по содержанию углерода и методическим подходам оценки его запасов в болотных экосистемах Западной Сибири. Использование данных «Кадастра торфяных месторождений Томской области» и фондовых материалов по конкретным месторождениям для апробации существующих методических подходов и разработки оптимального подхода оценки запасов углерода в торфяных месторождениях Западной Сибири.

Основные результаты. Выявлен существенный недостаток репрезентативных данных по содержанию органического углерода ($C_{орг}$) в торфах Западной Сибири. Обоснована необходимость пересмотра имеющихся показателей плотности и $C_{орг}$, усреднённых для разных типов болот, для уточнения запасов углерода, депонированного в торфяных месторождениях данного региона. Предложены методика расчёта запасов углерода в торфяных месторождениях по данным областных кадастров и фондовых материалов геологической разведки торфяных месторождений Западной Сибири и алгоритм расчёта с учётом особенностей имеющейся информации.

Заключение. Для уточнения запасов углерода в торфяных месторождениях Западной Сибири необходимы проведение масштабных аналитических исследований единым методом и создание открытой базы данных содержания $C_{орг}$ в органическом веществе разных видов торфа Западной Сибири, а в высокозольных низинных торфах необходимо определение содержания неорганического углерода. В качестве оптимального, предложен методический подход оценки запасов углерода, основанный на максимальном использовании данных областных кадастров и фондовых материалов геологической разведки торфяных месторождений.

Ключевые слова: методический подход; запасы углерода; торфяные месторождения; Западная Сибирь

Цитирование: Прейс Ю.И., Головацкая Е.А., Кабанов М.М. Разработка методического подхода к оценке запасов углерода в торфяных месторождениях Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e209. DOI: [10.31251/pos.v6i2.209](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.209).

ВВЕДЕНИЕ

Роль болотных экосистем в регулировании циклов углерода и климата достаточно велика, поскольку именно болотные экосистемы являются поглотителями углерода, накапливая его в виде торфяных залежей на длительный период. Болотные экосистемы как крупные резервуары органического углерода также играют важную роль в поддержании газового баланса атмосферы (Gorham, 1991; Ефремов и др., 1994; Вомперский и др., 1999; Belyea, Malmer, 2004; Ваганов и др., 2005; Инишева и др., 2012; Ciais et al., 2014; Schurg и др., 2015; Ефремова и др., 2016; Головацкая и др., 2022). Необходимость количественной оценки запасов углерода в торфяных почвах, определяется также условиями Рамочной конвенции по климату, Киотского протокола и пост-киотских климатических соглашений (IPCC, 2021). Однако достоверных оценок по запасам углерода в торфяных залежах России в целом и Западной Сибири в частности до сих пор не получено. 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» предполагается выполнить оценку содержания углерода в почвах России, в том числе в торфяных. Актуальной задачей является оценка запасов почвенного углерода болотных экосистем Западной Сибири как самого крупного в мире торфоболотного бассейна. К настоящему времени получены оценки запасов углерода в болотных экосистемах различных

территорий Евразии и Северной Америки. Согласно оценкам (Lappalainen, 1996), площадь болот мира оценивается в 6,4 млн км², запасы углерода в них составляют 234–252 Пг. Согласно более ранним оценкам (Вомперский и др., 1994), полученным на основе данных Международного общества по торфу (International Peatland Society), площадь торфяных болот мира оценивается в 5,1 млн км² (3,5% суши Земли), а запасы торфа в пересчёте на углерод – 120–240 Пг. В России общая площадь оторфованных и заболоченных земель составляет 3,69 млн км² (21,6% территории страны), в том числе площадь болот (со слоем торфа >30 см) – 1,39 млн км² (Вомперский и др., 1994), а содержание углерода в них – 100,9 Пг (Вомперский и др., 1999). По данным других авторов (Novikov, Usova, 1998) площадь болот составляет 1,68 млн км², а содержание депонированного углерода в торфяных болотах России оценивается в 116,5 Пг (Бирюкова, Орлов, 1995) и 118,9 Пг (Ефремов и др., 1994). Некоторые различия в цифрах объясняются недостаточной изученностью торфяных ресурсов России, а также разными методами расчетов.

Попытки оценить запасы углерода в болотных экосистемах, в том числе различных территорий Западной Сибири, предпринимались неоднократно. В Западно-Сибирском регионе площадь торфяных болот достигает 42% от территории болот России (Вомперский и др., 1994) с содержанием 42,3 Пг углерода, что составляет 36% от депонированного углерода России (Ефремов и др., 1994). Согласно некоторым расчётам (Sheng et al., 2004), общая площадь торфяных болот Западно-Сибирской равнины равна 592,44 тыс. км², запасы торфа достигают 147,82 Пг, а общий запас углерода – 70,21 Пг. Суммарные запасы абсолютно сухого торфа (а.с.т.) торфяных болот Западно-Сибирского природного макрорегиона составляют 111,3 Пг, а углерода – 55,096 Пг (Ваганов и др., 2005). Различие полученных данных обусловлено разными понятиями при выделении болотных экосистем, а также используемыми методическими подходами и методами оценки содержания углерода в торфе. При этом существенной проблемой остаётся недостаточная изученность болот Западной Сибири, даже таёжной зоны, болота которой наиболее охвачены геологоразведочными работами.

Происходящие в настоящее время климатические изменения создают угрозу превращения болотных экосистем из экосистем-поглотителей углерода, консервирующих и тысячелетия его сохраняющих, в поставщика углерода в атмосферу в виде углеродсодержащих газов (Moore et al., 1998; Belyea, Malmer, 2004; Schurr et al., 2015). «Прогрессирующее потепление климата приведёт к безусловному прогреву торфяных залежей, падению уровня почвенно-грунтовых вод и улучшению режима аэрации в болотных экосистемах, вследствие чего возрастёт микробиологическая и ферментативная активность почв. Это повлечёт ускоренное разложение органического вещества (ОВ) торфов и их гумификацию» (Ваганов и др., 2005, с. 646). «Грубые оценки показывают, что при условии прогрессирующего потепления наиболее восприимчивые к климатогенной трансформации группы и фракции органического вещества только торфяных болот Западно-Сибирского региона, совокупно вовлекут в первоочередной круговорот около 30 млрд. т углерода» (Ваганов и др., 2005, с. 647).

Следовательно, для более точных оценок запасов углерода в болотных экосистемах Западной Сибири как вероятного источника парниковых газов в результате климатических изменений либо антропогенного воздействия актуальна задача получения корректных данных по содержанию и запасам углерода, депонированного в торфяных залежах. По нашему мнению, повысить качество этих оценок возможно при уменьшении региона исследования и при максимальном использовании данных фондовых материалов геологической разведки торфяных месторождений.

Цель данного исследования – разработка методического подхода к оценке запасов углерода, депонированных в торфяных месторождениях, на основе анализа имеющихся литературных и фондовых материалов и с учетом возможности быстрой переоценки запасов углерода при поступлении новых данных.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ И СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В ТОРФАХ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Содержание углерода в торфе. На содержание углерода в торфе влияет качество органического вещества, зависящее от вида растений-торфообразователей и степени преобразованности их остатков в процессе разложения (Тюрин, 1931). Последнее определяется устойчивостью растений к разложению, условиями трансформации их органического вещества (степень богатства минерального питания, гидротермические условия болотных экотопов). Таким образом, содержание углерода в органическом веществе торфа зависит от его типа, ботанического

состава, степени разложения и возраста. Однако многофакторная обусловленность процесса образования торфа значительно понижает показатели корреляционной связи содержания углерода и конкретных свойств торфа. Поэтому ряд авторов считают, что содержание углерода не является признаком строгой принадлежности торфа к тем или иным видам и типам торфов (Ефремов и др., 1994; Sheng et al., 2004; Степанова, Миронычева-Токарева, 2010; Ефремова и др., 2016).

Литературные данные по содержанию углерода в торфяных залежах лесной зоны Западной Сибири значительно различаются: прежде всего в связи с тем, что приводятся показатели содержания общего ($C_{общ}$) или органического углерода ($C_{орг}$) в торфах или же в их органическом веществе.

Для показателей $C_{общ}$ в торфах характерно значительное варьирование. Так, согласно данным Головацкой и др. (2019), содержание $C_{общ}$ в торфах одного из южнотаежных эвтрофных болот изменяется с глубиной от 50 до 12%. Это обусловлено значительным влиянием зольности (чем она выше, тем ниже содержание $C_{общ}$), а также степенью разложения. Поэтому содержание $C_{общ}$ в низинных торфах обычно ниже, чем в переходных и верховых (табл. 1), и с глубиной постепенно снижается, достигая минимальных значений в придонном слое. Однако необходимо учитывать, что это характерно лишь для торфов, не обогащённых $CaCO_3$, так как высокое содержание карбонатов может оказывать влияние на результат аналитических исследований. Мы согласны с мнением Н.Б. Наумовой (2018), что многие исследователи не учитывают влияние $CaCO_3$, считая его ничтожно малым, и приравнивают полученные показатели содержания общего углерода к органическому. Вероятно, это вполне допустимо для торфов болот, залегающих на некарбонатных породах, но требует проверки для болот, в частности южной тайги и подтайги Западной Сибири, на почвах, обогащённых $CaCO_3$. Здесь в торфяных отложениях болот, особенно пойменного и притеррасного залегания, встречаются прослойки, обогащённые $CaCO_3$, и даже пласты болотно-озерного мергеля (гажи) (Классификация торфов..., 2000; Матухина, Михантьева, 2001; Архипов, Бернатонис, 2006).

Таблица 1

Среднее содержание углерода (%) в разных видах, группах и типах торфа болот Европейской части России и таёжной зоны Западной Сибири

Вид, группа, тип торфа	Лиштван, Король, 1975 ¹	Архипов, Маслов, 1998 ²	Lapshina, Pologova, 2001 ^{3/4}	Головацкая, 2013 ^{5/6}	Beilman et al., 2009 ⁷	По расчетам авторов данной статьи ^{*8/9}
I	II	III	IV	V	VI	VII
Тип низинный	58	55,5				
Группа древесная	58,4		46,8/52,8	42,6/46,5		46,2/51,9
Древесно-осоковый	58,6					46,8/51,9
Древесно-травяной	58,7					42,9/52,1
Группа древесно-травяная	58,7	56	48,7/54,3			47,2/51,9
Древесно-гипновый						40,5/52,2
Древесно-сфагновый						48,1/51,9
Осоковый	57,7				54,5	47,5/51,9
Тростниковый						
Травяной	57,8			30,9/41,4		42,2/52,2
Группа травяная	57,8		50,2/54,5			
Осоково-гипновый	57	57		37,2/46,0		45,7/52,0
Осоково-сфагновый						48,8/51,9
Травяно-гипновый				36,7/44,2		
Травяно-сфагновый						
Группа травяно-моховая	57,3		48,1/51,6			
Гипновый	56,6	54,1		31,3/49,0		46,8/51,9

Продолжение табл. 1.

I	II	III	IV	V	VI	VII
Сфагновый	57					48,4/51,9
Группа моховая	56,7		47,3/50,4			
Тип переходный	58,6	57				
Группа древесная	60		51,6/55,7	50,3/53,4	55,0	46,4/51,9
Древесно-осоковый						47,4/51,9
Древесно-травяной						45,7/52,0
Группа древесно-травяная	60,2		49,4/52,2	49,6/52,2		47,2/51,9
Древесно-гипновый						44,9/52,0
Древесно-сфагновый						47,3/51,9
Осоковый	58,6	57,8				46,9/51,9
Травяной						45,7/52,0
Группа травяная	58,6		52,9/55,1			
Осоково-сфагновый						47,2/51,9
Травяно-сфагновый	58			49,4/50,8		48,5/51,9
Пушицево-сфагновый				48,9/51,8		46,0/52,0
Группа травяно-моховая	58		51,3/54,9	49,2/51,5		
Гипновый	58				54,0	49,1/51,9
Сфагновый	56,6	55,8				47,08/51,9
Группа моховая	56,7		46,7/48,6			
Тип верховой	56	54,3				
Сосновый	61,1					44,0/52,1
Сосново-пушицевый	61,3					48,5/51,9
Сосново-сфагновый	59,9					40,5/52,2
Шейхериевый	57,9				56,0	47,8/51,9
Группа травяная	58,6				55,0	
Пушицево-сфагновый	57,6	57,1		40,5/42,0		48,1/51,9
Шейхериево-сфагновый	57					41,3/52,1
Травяно-сфагновый	57,4			49,4/50,8		
Группа травяно-моховая	57,4		50,2/51,3			
Фускум-торф	53,4	53,5	46,7/47,7	42,8/44,0		48,4/51,9
Комплексный	54,2					49,0/51,9
Медиум-торф	54,1	53		43,6/44,2		47,0/51,9
Ангустифолиум				41,2/42,8		48,9/51,9
Сфагновый мочажинный	53,8			44,4/45,7		49,0/51,9
Группа моховая	53,9		47,9/49,0		50,5	
Количество образцов	2014	22	49	51	115	1926

Примечание.

Содержание углерода, полученное аналитическими методами: для общего углерода ($C_{\text{общ}}$): 2 – на горючую массу торфа, 5 – в торфе, 6 – в органическом веществе (ОВ) торфа; для органического углерода ($C_{\text{орг}}$): 3 – в торфе, 1, 4 – в ОВ торфа; 7 – в ОВ остатков растений конкретных видов из торфа. * – содержание углерода, полученное расчетным методом (Ефремова и др., 2016) по показателям зольности образцов торфа из Ведомости лабораторного анализа свойств торфов участка №22 торфяного месторождения Васюганское (Геологический отчет..., 1990): 8 – в торфе, 9 – в ОВ торфа. Пустые ячейки – данные отсутствуют.

При относительно низкой зольности торфов максимальные показатели содержания $C_{\text{орг}}$ в торфе более характерны, наоборот, для низинных торфов, сложенных в основном остатками травянистых и древесных растений, органическое вещество которых наиболее подвержено трансформации в процессе торфогенеза. Так, согласно данным А.С. Прокушкина с соавторами (2017), на обследованных авторами болотах северной части Сым-Дубческого междуречья средней тайги, содержание $C_{\text{орг}}$ в торфах возрастает в нижних слоях торфяных залежей, причём независимо от их типа, что обусловлено более высокой трансформацией органического вещества в более древних слоях. При этом, в зависимости от типа болота и глубины горизонта, содержание $C_{\text{орг}}$

низинных болот (50–57%, $p < 0,05$) характеризуется достоверно более высокими значениями по сравнению с торфами, сложенными сфагновыми мхами (46–49%).

В связи со значительным влиянием зольности на содержание углерода проводят пересчёт содержания $C_{орг}$ на органическое вещество (ОВ) торфа. При пересчёте более высокие показатели становятся характерными для переходных и низинных торфов нижних слоёв залежей. Однако эта закономерность может нарушаться. Так, для некоторых болот южной тайги (Головацкая, 2013) содержание $C_{орг}$ в ОВ низинных торфов, несмотря на их высокую зольность, остаётся ниже, чем в переходных и некоторых верховых торфах (см. табл. 1). Необходимо отметить, что этот пересчёт, по нашему мнению, особенно актуален для получения корректных данных суммарных запасов углерода, депонированного в торфяных залежах конкретных территорий по усреднённым показателям содержания углерода в разных типах залежей.

Литературные данные по содержанию $C_{орг}$ в ОВ торфа в болотах таёжной зоны Западной Сибири, даже полученные одним методом, например, сжиганием на элементных анализаторах, значительно варьируют. Так, содержание $C_{орг}$ в ОВ торфа изменяется, согласно данным А.С. Прокушкина с соавторами (2017), от 46 до 57%, а по результатам других работ (Weilman et al., 2009), даже в относительно молодых торфяных залежах возрастом до 2000 лет – от 41,5 до 62,8%. Тем более значительно варьируют и отличаются средние показатели содержания $C_{орг}$ для конкретных видов торфа, полученные разными аналитическими методами определения $C_{орг}$ (см. табл. 1). Определение $C_{орг}$ в торфах болот таёжной зоны Западной Сибири проводили по следующим методам: определение элементарного состава торфа по ГОСТ 2408.1-95 (Лиштван, Король, 1975), Либиха по ГОСТ 2408.1-95 (Архипов, Маслов, 1998), И.В. Тюрина по ГОСТ 26213-91 (Vleuten, Lapshina, 2001), В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой (1980) (Головацкая, 2013), а также сжиганием торфа на элементных анализаторах (Прокушкин и др., 2017) или в остатках разных видов растений из торфа (Weilman et al., 2009). Необходимо отметить, что практически все эти данные по болотам Западной Сибири получены по ограниченным выборкам, а данные по максимальной выборке образцов торфа (см. табл. 1), приведенные ранее (Лиштван, Король, 1975), получены по болотам Европейской части СССР.

Содержание $C_{орг}$ в ОВ конкретных видов торфа зависит прежде всего от степени их разложения (R). Поэтому для решения вопроса о корректности использования для торфов таёжной зоны на юго-востоке Западной Сибири показателей содержания $C_{орг}$, приведённых в работе (Лиштван, Король, 1975), было проведено сравнение средних показателей R для конкретных видов торфа Европейской части СССР (Лиштван, Король, 1975), с рассчитанными нами для торфов 15 типичных торфяных месторождений (42360 образцов) Томской области, данные по которым были взяты из фондовых материалов геологической разведки торфяных месторождений. Согласно полученным данным (рис. 1), в Томской области торфа характеризуются в основном меньшей степенью разложения, особенно преобладающие в данном регионе торфа верхового типа. Следовательно, использование $C_{орг}$ (Лиштван, Король, 1975) для территории Западной Сибири, и, в частности, Томской области, нежелательно, так как приведёт к завышению оценок запасов депонированного углерода.

Таким образом, в настоящее время в литературных источниках отсутствуют репрезентативные данные по содержанию углерода для корректной оценки его запасов, депонированных в болотах таёжной зоны Западной Сибири.

Т.Т. Ефремовой с соавторами (2016) статистически доказана отрицательная связь содержания $C_{орг}$ в торфах и моховых подстилках лесных болот с зольностью (A). При значениях зольности в диапазоне от 5 до 68% и предложен расчётный экспресс-метод определения углерода в торфах по их зольности. О.А. Леоновой (2022) дана положительная оценка этого метода как позволяющего избежать высокой погрешности в аналитических работах. Для решения вопроса о правомерности применения данного метода для болот Томской области нами были использованы данные по ботаническому составу и зольности образцов торфа из отчета по детальной геологической разведке участка №22 торфяного месторождения Васюганское (Геологический отчет..., 1990). Для таёжной зоны Западной Сибири характерно доминирование слабо облесённых верховых болот с низкозольными торфами. Поэтому при расчётах мы были вынуждены исключить из общего количества в 7753 образцов образцы с зольностью менее 5%, вследствие чего выборка составила всего 1926 образцов торфа.

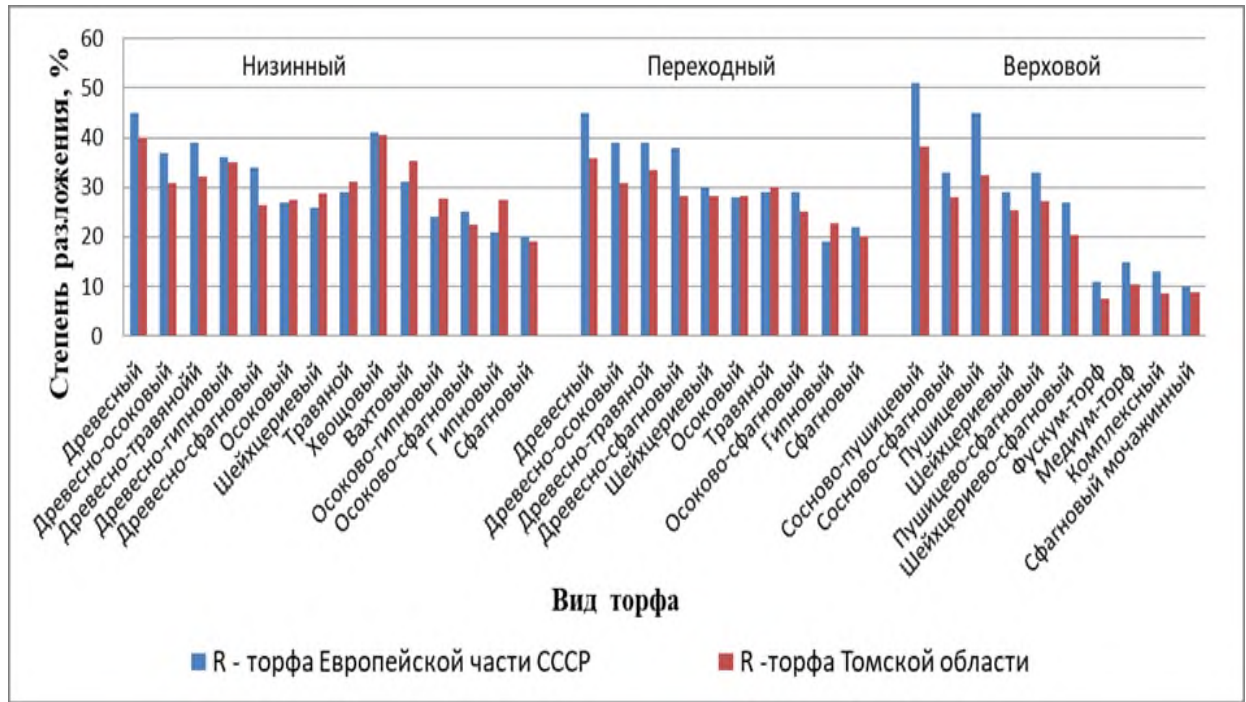


Рисунок 1. Степень разложения (R) разных видов торфа Европейской части СССР (Лиштван, Король, 1975) и Томской области.

Полученные данные расчёта содержания органического углерода в торфе ($C_{\text{орг т}}$) были пересчитаны на содержание органического углерода в ОБ торфа ($C_{\text{орг ОБ}}$) по формуле 1:

$$C_{\text{орг ОБ}} = C_{\text{орг т}} / (100 - A) \times 100 \quad (1),$$

где A – зольность торфа, %.

Согласно расчетным данным (см. табл. 1), содержание $C_{\text{орг}}$ значительно выше в торфах низинного типа (на 3,6–15,5%) и верхового типа (на 3,4–7,7%), чем по данным, полученным по методу В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой (1980) (Головацкая, 2013). В торфах переходного типа различия содержания $C_{\text{орг}}$ менее заметны, но ниже на 1–4%, чем полученные аналитическим методом. Следовательно, применение данного расчётного метода для болот таёжной зоны Западной Сибири может дать существенную погрешность, но может оказаться полезным для мелкозалежных болот, особенно облесённых.

В мировой практике для оценки содержания почвенного органического углерода активно используют разные модификации дихроматометрического метода. Использование этого метода важно для создания баз данных по почвам мира, инвентаризации и мониторинге почвенных ресурсов (Шамрикова и др., 2022). При этом авторы отмечают, что отдельные модификации метода Тюрина, относящегося к вышеуказанному методу, могут включать процедуры, снижающие точность измерения содержания почвенного органического вещества за счёт неполного окисления углерода органических соединений, и предлагают для получения результатов, согласованных с методом высокотемпературного сжигания органического углерода на анализаторе, введение в расчёт содержания почвенного органического вещества поправочного коэффициента $f = 1,15$.

По мнению некоторых исследователей (Когут и др., 2023), наиболее оптимальным при мониторинге содержания и запасов $C_{\text{орг}}$ в почвах, а, следовательно, и в торфах, является использование метода сухого сжигания на автоматических элементных анализаторах. При этом, согласно рекомендациям этих авторов, существующие сложности определения данным методом содержания почвенного $C_{\text{орг}}$ в карбонатных почвах, можно разрешить дополнительным определением содержания неорганического углерода в них с помощью разложения карбонатов раствором HClO_4 на экспресс-анализаторе АН-7529. В связи с наличием на рассматриваемой нами территории карбонатных торфов, мы присоединяемся к этому мнению. Преимуществом применения этого метода является и значительное снижение затрат времени на получение результатов исследования, что чрезвычайно значимо при создании репрезентативной базы данных $C_{\text{орг}}$ в торфах.

Методические подходы к оценке запасов углерода в болотах Западной Сибири. Для расчёта запасов $C_{орг}$ в торфяной залежи конкретного пункта отбора проб торфа необходимы данные послойных кумулятивных масс ОВ торфа и содержания $C_{орг}$ в ОВ. В.А. Степанова и Н.П. Миронычева-Токарева (2010) использовали упрощённый метод расчёта запаса $C_{орг}$ в ОВ торфа в торфяной залежи, основанный на допущении, что его запасы составляют 50 % запасов ОВ торфов, независимо от их типа и вида. Однако рассматриваемая авторами динамика накопления углерода в процессе формирования трех олиготрофных болот средней тайги Западной Сибири, а именно, снижение содержания $C_{орг}$ в ОВ торфа от 55% в нижней части торфяной залежи до 42% в верхних горизонтах, по нашему мнению, корректно отражает лишь изменения в накоплении ОВ торфа.

Для оценки общих запасов углерода болот конкретных территорий принято использовать показатели площадей болот или их типовых участков, средних глубин торфяной залежи, усреднённые показатели плотности (объёмной массы) абсолютно сухого торфа ($P_{а.с.т.}$) или его ОВ ($P_{орг}$), принятые для каждого типа болот, а также показатели содержания $C_{орг}$ в торфе или в его ОВ ($C_{орг\ ОВ}$) (Ефремов и др., 1994; Sheng et al., 2004; Borren, Bleuten, 2006; Инишева и др., 2012; Прокушкин и др., 2017). Принятые методы расчёта усреднённых показателей плотности и содержания углерода авторы не описывают, приводя лишь ссылки на использованные авторские данные и данные из многочисленных литературных и фондовых источников.

С.П. Ефремов с соавторами (1994) проводили расчёты запасов депонированного углерода не только для торфяных болот, заболоченных и болотных лесов, но и избыточно-увлажнённых оторфованных угодий по отдельным административным районам и торфяно-болотным регионам России. Расчёты запасов торфа и депонированного углерода выполнены с учетом типа залежи. Для повышения корректности оценок углерода, депонированного в глубоководных (более 1,5 м) болотах, расчёты проводили отдельно по торфогенному, срединному (основному) и придонному слоям залежи. Для каждого слоя были приняты свои усреднённые показатели $P_{а.с.т.}$ и $C_{орг}$, а для менее глубоководных болот – в целом для каждого типа (табл. 2).

Таблица 2

Усреднённые показатели плотности торфов и их органического вещества для разных типов болот Западной Сибири

Тип болота	$\bar{P}_{а.с.т.}, \text{г/м}^3$		$\bar{P}_{орг}, \text{г/м}^3$			
	Ефремов и др., 1994		По расчётам авторов	Ефремов и др., 1994**	Инишева и др., 2012	Borren, Bleuten, 2006
Верховой	0,049/0,091/0,161*	0,073**	0,068	0,084***	0,073	0,049
Переходный	0,068/0,109/0,161*	0,085**	0,092	0,096***	0,085	0,074
Низинный	0,133/0,122/0,240*	0,133**	0,095	0,115***	0,133	0,118

Примечание.

* – для торфогенного, срединного и придонного слоёв глубоководных болот. ** – для торфяных болот со средней глубиной менее 1,5 м. *** – пересчитанные по суммарным запасам органического вещества абсолютно сухого торфа и суммарным объёмам торфа, полученным авторами статьи на основании данных (Торфяные месторождения..., 1997).

Л.И. Инишева с соавторами (2012) проводили расчёты по торфяным месторождениям (в границе промышленной глубины залежи 0,9 м) таёжной зоны Западной Сибири с использованием необходимых данных из областных кадастровых справочников, приняв за показатели $P_{орг}$ показатели $P_{а.с.т.}$, ранее приведенные для торфяных болот со средней глубиной менее 1,5 м (Ефремов и др., 1994). В. Боррен и В. Блеутен (Borren, Bleuten, 2006) для расчетов запасов углерода, депонированного в разных типах болот средней и южной тайги Западно-Сибирской равнины, предлагают использовать усреднённые показатели $P_{орг}$ и $C_{орг}$ в ОВ торфа, которые получены всего лишь по нескольким торфяным кернам (Bleuten, Lapshina, 2001; Borren et al., 2004). Вероятно, является неточной и оценка площади болот (Sheng et al., 2004): так, авторы, используя ГИС-технологии, выявили по космоснимкам значительно большие площади торфяных болот на территории всей Западной Сибири, даже без учёта мелководных заторфованных площадей, которые были учтены на этой территории С.П. Ефремовым с соавторами (1994). Кроме этого, из-за отсутствия данных о типовой принадлежности торфяных залежей авторы были вынуждены сделать

допущение о среднем содержании $C_{орг}$ в ОВ торфа равно 52%, что достаточно близко к величине $C_{орг} 51,8 \pm 2,5\%$, предложенной ранее для всех типов болот Западной Сибири (Lapshina, Pologova, 2001). Ю. Шенг с соавторами (Sheng et al., 2004) была создана обширная база данных свойств торфов по фондовым материалам геологической разведки торфяных месторождений Западной Сибири, которая, однако, в настоящее время недоступна для российских ученых.

Принятые вышеуказанными авторами показатели $P_{a.c.t. ср}$ и $P_{орг ср}$ (см. табл. 2) имеют отличия, что закономерно, так как усреднение проводилось для разных по площади территорий и основано на разных по объему выборках показателей.

Выполнена оценка правомерности применения усреднённых показателей плотности а. с. торфа ($\bar{P}_{a.c.t.}$) и его ОВ ($\bar{P}_{орг}$) из разных литературных источников (см. табл. 2) к данным областных кадастров торфяных месторождений (ТМ). Для этого проведено сравнение показателей $\bar{P}_{орг}$ и суммарных запасы ОВ по каждому типу ТМ, рассчитанных по данным кадастрового справочника «Торфяные месторождения Томской области, 1997» и пересчитанных с использованием усреднённых показателей из табл. 2. Эти данные были получены следующим образом. Для каждого ТМ по их площади ($S_{ТМ}$) и средней глубине ($h_{ср}$) рассчитаны объёмы торфа (V_T), по формуле 2. Запасы торфа 40% влажности ($Q_{40\%W}$) каждого ТМ были пересчитаны на запасы а.с.т. ($Q_{a.c.t.}$), по формуле 3, и его ОВ ($Q_{орг}$), по формуле 4. Подсчитаны суммарные $Q_{орг} (\sum Q_{орг})$ и $V_T (\sum V_T)$ по всем ТМ (рис. 2), и получен показатель $\bar{P}_{орг}$ по формуле 5 (см. табл. 2 по расчётам авторов статьи) на основании данных (Торфяные месторождения..., 1997).

$$V_T = S_{ТМ} / 10000 \times h_{ср}, \text{ тыс. м}^3 \quad (2),$$

где $S_{ТМ}$ – площадь ТМ, га; $h_{ср}$ – средняя глубина ТМ, м; 10000 – коэффициент пересчёта га в тыс. м².

$$Q_{a.c.t.} = Q_{40\%W} \times 0,6, \text{ тыс. т} \quad (3),$$

$$Q_{ов} = Q_{a.c.t.} - Q_{a.c.t.} \times A_{ср} / 100, \text{ тыс. т} \quad (4),$$

где 0,6 – доля а.с. вещества торфа; $A_{ср}$ – средняя зольность, %.

$$P_{орг} = \sum Q_{орг} / \sum V_T, \text{ г/м}^3 \quad (5).$$

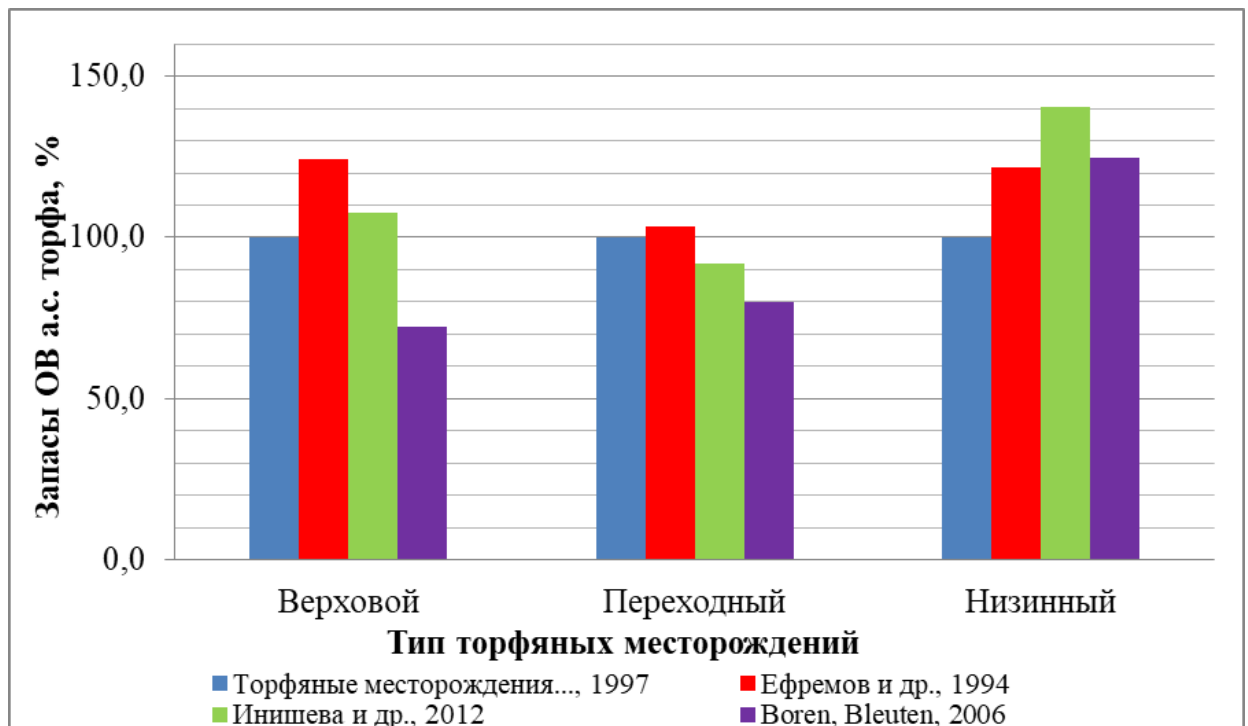


Рисунок 2. Процентное отношение суммарных запасов органического вещества абсолютно сухого торфа торфяных месторождений Томской области по данным (Торфяные месторождения..., 1997) и с использованием данных из литературных источников.

Затем была проведена сортировка кадастровых и пересчитанных данных в четыре блока по типам торфяных месторождений.

В каждом блоке, используя V_T и $\bar{P}_{орг}$ (см. табл. 2, Инишева и др., 2012; Vorren, Bleuten, 2006), пересчитаны $Q_{орг}$ по каждому ТМ и получены их $\sum Q_{орг}$ (рис. 2). В связи с отсутствием у Ефремова и др. (1994) $\bar{P}_{орг}$ в каждом блоке, используя V_T и показатели $\bar{P}_{а.с.т.}$ (см. табл. 2, Ефремов и др., 1994), дифференцировано для болот, имеющих разную $h_{ср}$, рассчитаны $Q_{а.с.т.}$, которые были пересчитаны с учетом кадастровых данных по $A_{ср}$ в $Q_{орг}$, а $\sum Q_{орг}$ и $\sum V_T$ легли в основу расчета $\bar{P}_{орг}$ (см. табл. 2, Ефремов и др., 1994). По данным, приведённым в таблице 2, видно, что максимальные значения $\bar{P}_{орг}$ для верховых и переходных ТМ получены при пересчете $\bar{P}_{а.с.т.}$ по Ефремову и др. (1994), а для низинных – согласно Инишевой и др. (2012). То касается рисунка 2, данные по $\sum Q_{орг}$ разных типов болот значительно отличаются от кадастровых, которые получены по данным широкомасштабных натуральных и аналитических исследований, как в сторону повышения (на 3–41%), так и понижения (на 8–28%). При этом максимально отличаются от кадастровых данные, полученные для болот средней и южной тайги Западно-Сибирской равнины (Vorren, Bleuten, 2006) и ее таёжной зоны (Инишева и др., 2012), а для болот верхового типа и от данных Ефремова и др. (1994). Следовательно, использовать имеющиеся в литературных источниках показатели $\bar{P}_{а.с.т.}$ и $\bar{P}_{орг}$ для расчета запасов углерода в ТМ более ограниченных территорий Западной Сибири некорректно.

Усреднённые показатели содержания углерода в торфяных залежах болот разного типа.

Для основных типов болот Западной Сибири одни из авторов (Lapshina, Pologova, 2001) приводят среднюю величину $C_{орг}$ $51,8 \pm 2,5\%$ в ОВ торфа. Однако расчёт этого показателя авторами проведён по небольшой выборке (49 образцов), в которой торфа верхового типа составляют всего лишь около 32%, а низинного типа – более 54%. В то же время в центральной части Западной Сибири от подтайги до северной тайги преобладают (от 46 до 76%) запасы торфа в залежах верхового типа (Лисс и др., 2001): во II–IV торфоболотных зонах, соответствующих подзонам южной, средней и северной (до Сибирских увалов) тайги доля верховых торфов составляет от 50 до 94% (Логинов, Хорошев, 1972), а в запасах а.с.т. Большого Васюганского болота соответствующая составляет 50,2% (Ваганов и др., 2005). При этом в залежах верхового типа преобладают слабо преобразованные торфа моховой группы с доминированием фускум-торфа, в которых среднее $C_{орг}$ равно 49 и 47,7%, соответственно (Lapshina, Pologova, 2001). Следовательно, усреднённый показатель 51,8%, используемый Ю. Шенгом с соавторами (Sheng et al., 2004) для оценки запасов $C_{орг}$ в торфяных болотах Западной Сибири как консервативный, по нашему мнению, может оказаться несколько завышенным.

Принятые другими авторами усреднённые показатели содержания $C_{орг}$ в ОВ а.с.т. для разных типов болот (Ефремов и др., 1994; Vorren et al., 2004; Инишева и др., 2012) приведены в таблице 3.

Таблица 3

Усреднённые показатели содержания углерода для разных типов болот Западной Сибири

Тип болота	$\bar{C}_{орг}, \% \text{ в а.с.т.}$		$\bar{C}_{орг}, \% \text{ в ОВ а.с.т.}$		
	Ефремов и др., 1994	Ефремов и др., 1994	Ефремов и др., 1994	Инишева и др., 2012	Borren et al., 2004
Верховой	46,7/50,3/54,3*	53,9**	50,24***	55,5	51,1
Смешанный	–	–	–	56,03	–
Переходный	49,8/51,1/54,6*	51,8**	51,10***	56,03	51,2
Низинный	49,1/55,4/57,3*	50,4**	54,84***	55,3	53

Примечание.

$\bar{C}_{орг}$ – усреднённые показатели содержания органического углерода в абсолютно сухом торфе (а.с.т.) и в органическом веществе абсолютно сухого торфа (ОВ а.с.т.). * – для торфогенного, срединного и придонного слоёв глубоководных болот. ** – для торфяных болот со средней глубиной менее 1,5 м. *** – пересчитаны с использованием данных (Торфяные месторождения..., 1997). Прочерк – данные отсутствуют.

Для сравнения имеющихся в литературных источниках данных по содержанию $\bar{C}_{орг}$ в ОВ а.с.т. ($\bar{C}_{орг\text{ ов}}$) в разных типах торфяных месторождений или болот, ранее опубликованные показатели $\bar{C}_{орг}$ в а.с.т. ($\bar{C}_{орг\text{ а.с.т.}}$) (Ефремов и др., 1994) пересчитаны на $\bar{C}_{орг\text{ ов}}$ по каждому ТМ

внутри блоков типов ТМ Томской области. Для этого для каждого блока был использован $\sum Q_{\text{а.с.т.}}$, ранее полученный для другого варианта расчёта $P_{\text{орг}}$ (Ефремов и др., 1994). Сначала по $Q_{\text{а.с.т.}}$ каждого ТМ и $\bar{C}_{\text{орг а.с.т.}}$, принятого в зависимости от $h_{\text{ср}}$ ТМ (см. табл. 3), рассчитан $Q_{\text{Сорг}}$ в а.с.т. ($Q_{\text{Сорг а.с.т.}}$) по формуле 6, а с учетом $A_{\text{ср}}$ ТМ, рассчитан $Q_{\text{Сорг в ОВ}}$ ($Q_{\text{Сорг ОВ}}$) по формуле 7.

$$Q_{\text{Сорг а.с.т.}} = Q_{\text{а.с.т.}} \times \bar{C}_{\text{орг а.с.т.}} / 100 \quad (6),$$

$$Q_{\text{Сорг ОВ}} = Q_{\text{Сорг а.с.т.}} - Q_{\text{Сорг а.с.т.}} \times A / 100 \quad (7).$$

Затем путем суммирования $Q_{\text{Сорг ОВ}}$ и V_{T} по всем ТМ каждого блока рассчитан $\bar{C}_{\text{орг ОВ}}$ для разного типа ТМ по формуле 8.

$$\bar{C}_{\text{орг ОВ}} = \sum Q_{\text{Сорг ОВ}} / \sum V_{\text{T}}, \% \quad (8).$$

Как следует из таблицы 3, усреднённые показатели содержания $\bar{C}_{\text{орг}}, \%$ в ОВ а.с.т. для разных типов болот Западной Сибири имеют достаточно близкие значения у одних авторов (Ефремов и др., 1994; Borgren et al., 2004) и значительно завышенные – у других (Инишева и др., 2012).

Следовательно, вопрос о правомерности использования этих усреднённых показателей для оценки запасов углерода в болотах или торфяных месторождениях конкретных территорий Западной Сибири остаётся открытым до получения по ним репрезентативных данных содержания углерода в различных видах торфа и соотношения видов торфа в залежах разного типа.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА ПО ДАННЫМ КАДАСТРОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В настоящее время имеются кадастры торфяных месторождений (ТМ) конкретных административных областей Западной Сибири. По данным кадастровых справочников и фондовых материалов геологической разведки ТМ возможно получение наиболее точных оценок запасов депонированного углерода. Для расчёта запасов органического углерода ($Q_{\text{Сорг}}$) в ТМ необходимы данные по Q органического вещества ($Q_{\text{ОВ}}$) абсолютно сухого торфа (а.с.т.) и усреднённому показателю содержания $C_{\text{орг}}$ в ОВ в зависимости от типа торфяного месторождения. В кадастровых справочниках уже имеются достоверные, основанные на полевых и аналитических исследованиях, данные по площадям (S), средним глубинам ($h_{\text{ср}}$) торфяной залежи (ТЗ), Q торфа 40% влажности ($Q_{40\%W}$) и усреднённые показатели степени разложения ($R_{\text{ср}}$), зольности ($A_{\text{ср}}$) и естественной влажности ($W_{\text{ест}}$) не только в целом по ТМ, но и по их участкам, а также отдельно по их ТЗ разного типа в пределах балансовых (с A торфов не более 35%) и забалансовых (с A более 35%) запасов торфа. Поэтому прежде всего создаётся база данных, содержащая все имеющиеся в кадастровом справочнике данные.

Согласно рекомендациям некоторых исследователей (Сорокин и др., 1976), при проведении геологоразведочных работ для расчёта $Q_{40\%W}$ торфа конкретного торфяного месторождения используются данные его S , в границах промышленной глубины торфяной залежи, средней глубины т.з. и плотности (P) торфа из Таблицы Синадского (Таблицы..., 1969), в которых приведены данные выходов воздушно-сухого торфа при условной 40 % влажности при разных сочетаниях показателей R и естественной влажности ($W_{\text{ест}}$), основанные на обширном массиве данных аналитических исследований проб торфа. Поэтому данные кадастровых справочников позволяют получить наиболее достоверные, детальные данные и по запасам $Q_{\text{Сорг}}$.

Далее для расчёта $Q_{\text{ас.т.}}$ и $Q_{\text{ОВ}}$ ТМ, его отдельных участков и торфяной залежи разного типа, используются формулы 3 и 4. Так как, согласно выполненному ранее анализу литературных источников, в настоящее время отсутствуют репрезентативные данные по $C_{\text{орг}}$ в торфах Западной Сибири, необходимые для расчетов их усреднённых показателей для болот разного типа. Поэтому представляется целесообразным использовать данные по Европейской части СССР, которые необходимо преобразовать в открытую базу данных по $C_{\text{орг}}$ для возможности корректировки ее по мере поступления новых данных по западносибирским торфам. Для расчёта усреднённых показателей необходимы данные о процентном соотношении видов торфа в торфяных залежах разного типа. Для этого по кадастровому справочнику проводят выбор типичных торфяных месторождений с учетом их типовой принадлежности, геоморфологического положения, размера и средней глубины торфяной залежи. Затем по фондовым материалам геологической разведки этих ТМ создают общую базу данных свойств торфов, в которой для каждого пункта отбора образцов указывают тип торфяной залежи и вид торфа для каждого ее 25-ти см слоя. В пределах этой базы

данных всю информацию по пунктам отбора проб торфа делят на четыре блока по типам торфяной залежи. Затем по каждому блоку проводят сортировку по типам и видам торфа и рассчитывают процент участия каждого вида торфа в пределах каждого блока типов торфяной залежи по формуле 9:

$$F_k = \frac{N_k}{\sum_{i=1}^n N_i}, k = 1..n \quad (9),$$

где N_k , N_i – количество проб определенного вида торфа в блоке конкретного типа торфяной залежи; n – общее количество видов торфа.

Среднее содержание $\bar{C}_{\text{орг}}$ для каждого типа торфяного месторождения или его торфяной залежи рассчитывают как сумму произведений содержания $C_{\text{орг}}$ каждого вида торфа, по созданной базе данных $C_{\text{орг}}$, на процент участия его в блоке конкретного типа ТЗ по формуле 10:

$$\bar{C}_{\text{орг}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{орг}}^{(i)} * F_i \quad (10),$$

где $C_{\text{орг}}^{(i)}$ – содержание $C_{\text{орг}}$ для каждого вида торфа по базе данных $C_{\text{орг}}$, %; F_i – доля каждого вида торфа в блоке конкретного типа торфяной залежи, %.

В связи с тем, что торфяные месторождения района исследования находятся на разных стадиях разведки, детальность характеристик запасов их торфов в кадастровом справочнике значительно различается. Для разведанных торфяных месторождений с категориями изученности запасов торфа: А, В, С1 и С2 пересчёт запасов а.с.т. и ОВ, для получения наиболее корректных данных, проводят следующим образом:

– при наличии несколько участков разных стадий разведки – по каждому участку при условии совпадения сумм их площадей и запасов с суммарными показателями по торфяному месторождению;

– при наличии торфяной залежи только одного типа – по категориям торфяного сырья балансовых запасов: малой степени разложения (R); средней R с зольностью до 23%; средней и высокой R с зольностью от 23 до 35%) и забалансовым, с зольностью более 35%.

Для прогнозно-оценённых торфяных месторождений или их участков (с категориями изученности прогнозных ресурсов (запасов) торфа Р1–Р3, как правило, даже при наличии нескольких типов торфяной залежи, приведены лишь ресурсы торфа и средняя зольность ($A_{\text{ср}}$), общие для всего месторождения. В этом случае ресурсы каждого типа залежи рассчитывают пропорционально запасам аналогичных типов залежей торфяных месторождений – аналога, имеющегося в кадастре, а при его отсутствии в кадастре – вновь, в процессе выполнения работы, принятого на основании сходства геоморфологического положения, площади и средней глубины торфяной залежи. При отсутствии необходимых данных для выбора торфяного месторождения – аналога запасы ресурсов для разных типов торфяных залежей рассчитывают пропорционально количеству типов торфяной залежи. Аналогично рассчитывают и показатели $A_{\text{ср}}$ для каждого типа их залежи. Так, при наличии нескольких типов торфяных залежей для восполнения отсутствующих у них показателей $A_{\text{ср}}$ проводят пересчёт $A_{\text{ср}}$ для каждого типа с учетом доли запасов торфа этого же типа торфяной залежи у торфяного месторождения – аналога. Иногда отсутствуют и некоторые другие необходимые для расчетов содержания $C_{\text{орг}}$ данные. Восполнить эти данные возможно следующим образом. При отсутствии показателя $A_{\text{ср}}$ забалансовых запасов прогнозно-разведанного участка торфяного месторождения принимают показатель $A_{\text{ср}}$ забалансовых запасов других разведанных участков этого же торфяного месторождения или его аналога, имеющегося или вновь присвоенного в процессе выполнения работы. При отсутствии показателя $A_{\text{ср}}$ категории торфяного сырья средней и высокой степени разложения с зольностью от 23 до 35% принимают средний показатель для этой категории – 29,5%, а для категории с зольностью более 35–42,5%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных источников выявил недостаточное количество аналитических данных по содержанию органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в торфах Западной Сибири для получения статистически достоверных усреднённых его показателей. Поэтому актуально создание единой открытой базы данных $C_{\text{орг}}$ в торфах этого региона. Для этого необходимо проведение дополнительных аналитических исследований содержания $C_{\text{орг}}$ в разных видах торфов единым методом, предпочтительно методом сухого сжигания на автоматических элементных анализаторах, по репрезентативной выборке образцов торфа и с обязательным параллельным определением

зольности и степени разложения. В высокозольных низинных торфах дополнительно необходимо определение содержания неорганического углерода.

Использование имеющихся в литературных источниках усреднённых показателей плотности торфа и его органического вещества некорректно для расчетов запасов углерода на более ограниченных территориях, в частности Томской области, и требует уточнения или же использования кадастровых данных, в основу которых положено определение свойств образцов торфа, отобранных в процессе многолетних геологоразведочных работ. Это же касается и усреднённых показателей содержания углерода для разных типов болот более ограниченных территорий. Наиболее объективные данные для таких территорий могут быть получены при выявлении по фондовым материалам геологической разведки типичных торфяных месторождений, видов торфов, слагающих залежи конкретных типов болот, определение участия каждого вида торфа и присвоения показателя содержания в нем углерода.

Предложена методика расчёта запасов углерода в торфяных месторождениях по данным кадастровых справочников и фондовых материалов геологической разведки типичных торфяных месторождений Западной Сибири, включающая следующие этапы:

1) аналитические исследования содержания $C_{орг}$ в типичных видах торфов по репрезентативной выборке образцов для расчёта его средних показателей;

2) расчёт усреднённых показателей содержания $C_{орг}$ для разных типов торфяных месторождений на основе содержащихся в фондовых материалах геологической разведки типичных для области торфяным месторождениям данных по типу и видовой принадлежности образцов торфа;

3) пересчёт запасов торфа 40% влажности для каждого месторождения и их типовых участков из кадастрового справочника на органическое вещество абсолютно сухого торфа;

4) определение суммарных запасов углерода по всем торфяным месторождениям.

Методика требует использования интегрированной базы данных, объединяющей данные по содержанию углерода в видах торфа, фондовые данные геологической разведки торфяных месторождений региона, данные кадастровых справочников по характеристикам торфяных месторождений макрорегиона. Привлекая эти категории данных, описанная методика позволяет построить уточнённые оценки содержания углерода. Дальнейшая разработка автоматизированной системы на основе реальных данных и вышеописанной методики позволит получать уточнённые и конкретизированные оценки запасов углерода в автоматическом режиме за минимальное время для любых имеющихся достаточных данных по любому региону.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена 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

Архипов В.С., Бернатонис В.К. Распределение кальция в торфяных залежах Центральной части Западной Сибири // Почвоведение. 2006. № 3. С. 293–302.

Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 9–16.

Бирюкова О.Н., Орлов Д.С. Запасы углерода органических соединений в почвах Российской Федерации // Почвоведение. 1995. № 1. С. 21–32.

Ваганов Е.А., Ведрова Э.Ф., Верховец С.В., Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Круглов В.Б., Онучин А.А., Сухинин А.И., Шибистова О.Б. Леса и болота Сибири в глобальном цикле углерода // Сибирский экологический журнал. 2005. № 4. С. 631–649.

Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Глухова Т.В., Дубинин А.И., Глухов А.И., Маркелова Л.Г. Заболоченные органогенные почвы и болота России, и запасы углерода в их торфах // Почвоведение. 1994. № 12. С. 17–25.

- Вомперский С.Э., Цыганова О.П., Ковалев А.Г., Глухова Т.В., Валяева Н.А. Заболоченность территории России как фактор связывания атмосферного углерода // Круговорот углерода на территории России. Москва: Миннаука РФ, 1999. С. 124–145.
- Геологический отчет о детальной разведке торфяного месторождения «Васюганское» (участок № 22) Чаинского района Томской области. Горький, 1990. Т. 2. 257 с.
- Головацкая Е.А. Потоки углерода в болотных экосистемах южной тайги Западной Сибири. Диссертация ... д-р биол. наук. Томск, 2013. 325 с.
- Головацкая Е.А., Веретенникова Е.Э., Никонова Л.Г. Биологическая продуктивность и запасы углерода на эвтрофном болоте // X Галкинские Чтения: сб. матер. Всерос. науч. конф. (Санкт-Петербург, 4–6 февраля 2019 г.) / Юрковская Т.К. и др. (отв. ред.). Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. С. 40–42.
- Головацкая Е.А., Дюкарев Е.А., Веретенникова Е.Э., Никонова Л.Г., Смирнов С.В. Оценка динамики баланса углерода в болотах южнотаежной подзоны Западной Сибири (Томская область) // Почвы и окружающая среда. 2022. Том 5. № 4. С. 1–18. DOI: [10.31251/pos.v5i4.194](https://doi.org/10.31251/pos.v5i4.194).
- ГОСТ 2408.1-95. Топливо твёрдое. Методы определения углерода и водорода. Москва: Издательство стандартов. 2001. 20 с.
- ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. Москва: Издательство стандартов. 1992. 6 с.
- Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Мелентьева Н.В. Запасы углерода в экосистемах болот // Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск, 1994. С. 128–139.
- Ефремова Т.Т., Аврова А.Ф., Ефремов С.П. Расчётный метод определения углерода в торфах и моховых подстилках лесных болот по зольности растительного субстрата // Сибирский лесной журнал. 2016. № 6. С. 73–83. DOI: [10.15372/SJFS20160607](https://doi.org/10.15372/SJFS20160607).
- Инишева Л.И., Сергеева М.А., Смирнова О.Н. Депонирование и эмиссия углерода болотами Западной Сибири // Научный диалог. 2012. № 7. С. 61–74. URL: <https://studylib.ru/doc/2126828/deponirovanie-i-e-missiya-ugleroda-bolotami> (дата обращения 16.05.2023).
- Когут Б.М., Милановский Е.Ю., Хаматнуров Ш.А. О методах определения содержания органического углерода в почвах (критический обзор) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2023. Вып. 114. С. 5–28. DOI: [10.19047/0136-1694-2023-114-5-28](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2023-114-5-28).
- Классификация торфов и торфяных залежей Западной Сибири / Составители: Л.Г. Матухин, В.Г. Матухина, И.П. Васильев. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2000. 90 с.
- Леонова О.А. Разнообразие подходов к определению содержания углерода в торфах // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2022. Вып. 3. С. 71–80. DOI: [10.24412/2071-6176-2022-3-71-79](https://doi.org/10.24412/2071-6176-2022-3-71-79).
- Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слука З.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула: Гриф и К°, 2001. 584 с.
- Лиштван И.И., Король Н.Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Минск: Наука и техника, 1975. 320 с.
- Логинов П.Е., Хорошев П.И. Торфяные ресурсы Западно-Сибирской равнины. Москва: Геолторфразведка, 1972. 148 с.
- Матухина В.Г., Михантьева Л.С. Фосфаты, карбонаты и сапропели в торфах Западной Сибири (закономерность образования, ресурсы, направления использования) // Геология и геофизика. 2001. № 4. С. 596–604.
- Наумова Н.Б. К вопросу об определении содержания органического углерода в почве // Почвы и окружающая среда. 2018. Том 1. № 2. С. 98–103. DOI: [10.31251/pos.v1i2.13](https://doi.org/10.31251/pos.v1i2.13).
- Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус в почвообразовании (методы и результаты изучения). Ленинград: Наука, 1980. 222 с.
- Прокушкин А.С., Карпенко Л.В., Токарева И.В., Корец М. А., Покровский О. С. Углерод и азот в болотах северной части Сым-Дубческого междуречья // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 114–123. DOI: [10.21782/GIPR0206-1619-2017-2\(114-123\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(114-123)).
- Сорокин В.Н., Задунайский Я.Н., Стеклов И.А. Методическое руководство по разведке торфяных месторождений. Москва: Геолторфразведка, 1976. 572 с.

- Степанова В. А., Миронычева-Токарева Н. П. Распределение углерода в торфяной толще олиготрофного комплекса средней тайги Западной Сибири // Гео-Сибирь-2010: сб. матер. VI междунар. науч. конгр. (Новосибирск, 19-29 апреля 2010 г.). Новосибирск: СГГА. 2010. Т. 4. Ч. 2. С. 109–113.
- Таблицы для определения выхода воздушно-сухого торфа в тоннах, при 40 % условной влажности из 1000 куб. м торфа. Приложение к «Методическому руководству по камеральной обработке материалов разведки торфяных месторождений» / Составитель: А.А. Синадский. Москва: Гипроторфразведка, 1969. 12 с.
- Торфяные месторождения Томской области (справочник по состоянию изученности на 01.01.1996 г.). Новосибирск: СНИИГГиМС, 1997. 405 с.
- Тюрин И.В. Новое видоизменение объемного метода определения гумуса с помощью хромовой кислоты // Почвоведение. 1931. № 6. С. 36–47.
- Шамрикова Е.В., Ванчикова Е.В., Кондратёнок Б.М., Лаптева Е.М., Кострова С.Н. Проблемы и ограничения дихроматометрического метода измерения содержания почвенного органического вещества (обзор) // Почвоведение. 2022. № 7. С. 787–794. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070097>.
- Beilman D. W., MacDonald G. M., Smith L. C., Reimer P. J. Carbon accumulation in peatlands of West Siberia over the last 2000 years // *Global Biogeochemical Cycles*. 2009. Vol. 23. Iss. 1. P. 1–12. DOI: [10.1029/2007GB003112](https://doi.org/10.1029/2007GB003112).
- Belyea LR, Malmer N Carbon sequestration in peatland: patterns and mechanisms of response to climate change // *Global Change Biology*. 2004. Vol. 10. Iss. 7. P. 1043–1052. DOI: [10.1111/j.1529-8817.2003.00783.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00783.x).
- Bleuten W. and Lapshina E.D. Carbon storage and atmospheric exchange by West Siberian peatlands. Utrecht: Utrecht University, 2001. 116 p.
- Borren W. and Bleuten W. Simulating Holocene carbon accumulation in a Western Siberian watershed mire using a 3-D dynamic modeling approach // *Water Resources Research*. 2006. Vol. 42. W12413. 13 p. DOI: [10.1029/2006WR004885](https://doi.org/10.1029/2006WR004885).
- Borren W., Bleuten W. and Lapshina E.D. Holocene peat and carbon accumulation rates in the southern taiga of western Siberia // *Quaternary Research*. 2004. Vol. 61. Iss. 1. P. 42–51. DOI: [10.1016/j.yqres.2003.09.002](https://doi.org/10.1016/j.yqres.2003.09.002).
- Ciais P., Tagliabue A., Cuntz M., Bopp L., Scholze M., Hoffmann G., Laurantou A., Harrison S. P., Prentice I. C., Kelley D. I., Koven C. and Piao S. L. Large inert carbon pool in the terrestrial biosphere during the Last Glacial Maximum // *Nature Geoscience*. 2014. Vol. 5. P. 74–79.
- Gorham E. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming // *Ecological Applications*. 1991. Vol. 1. Iss. 2. P. 182–195. DOI: [10.2307/1941811](https://doi.org/10.2307/1941811).
- IPCC: Index. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FrontMatter.pdf (дата обращения 16.05.2023).
- Lappalainen E. *Global Peat Resources*. Jyväskylä: International Peat Society and Geological Survey of Finland, 1996. 366 p.
- Lapshina E.D., Pologova N.N. Carbon accumulation. In book: *Carbon Storage and Atmospheric Exchange by West Siberian Peatlands*. Utrecht: Utrecht Univ., 2001. p. 37–46.
- Moore T.R., Roulet N.T., Waddington J.M. Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbon cycling of Canadian peatlands // *Climatic Change*. 1998. Vol. 40. P. 229–245.
- Novikov S.M., Usova L.I. New data on the swamp areas and peat storage on the territory of Russia // *Dynamics of mire ecosystems of Northern Eurasia in Holocene: Proc. of the Intern. Symp. (Petrozavodsk, 5–9 October 1998)* / Elina G.A et al. (ed.). Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 1998. P. 32–34.
- Schurr E.A.G., McGuire A.D., Schädel C., Grosse G., Harden J.W., Hayes D.J., Hugelius G., Koven G.D., Kuhry P., Lawrence D.M., Natal S.M., Olefeldt D., Romanowsky V.E., Schäfer K., Turetsky M.R., Treat C.C., Vonk J.E. Climate change and the permafrost carbon feedback // *Nature*. 2015. Vol. 520. Iss. 7546. P. 171–179.
- Sheng Y., Smith L.C., MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Frey K.E., Velichko A.A., Lee M., Beilman D.W., Dubinin P. A high-resolution GIS-based inventory of the west Siberian peat carbon pool // *Global Biogeochemical Cycles*. 2004. Vol. 18. No. 3. P. GB3004. DOI: [10.1029/2003GB002190](https://doi.org/10.1029/2003GB002190).
- Yu Z., Loisel J., Brosseau D.P., Beilman D.W., Hunt S.J. Global peatland dynamics since the last glacial maximum // *Geophysical Research Letters*. 2010. Vol. 37. Iss. 13. L13402. DOI: [10.1029/2010GL043584](https://doi.org/10.1029/2010GL043584).

Поступила в редакцию 21.07.2023

Принята 30.08.2023

Опубликована 07.09.2023

Сведения об авторах:

Прейс Юлия Ивановна – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геоинформационных технологий, ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск, Россия); preisyui@rambler.ru

Головацкая Евгения Александровна – доктор биологических наук, профессор РАН, директор, ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск, Россия); golovatskayaea@gmail.com

Кабанов Михаил Михайлович – младший научный сотрудник лаборатории геоинформационных технологий, ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск, Россия); mike.kabanov@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/)

DEVELOPMENT OF THE METHODOLOGICAL APPROACH FOR THE ESTIMATION OF CARBON STOCKS IN PEAT DEPOSITS OF WEST SIBERIA

© 2023 Yu. I. Preis , E. A. Golovatskaya , M. M. Kabanov 

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia. E-mail: preisyui@rambler.ru

The aim of the study. *Development of the methodical approach to the estimation of carbon stocks in peat deposits of West Siberia, based on the analysis of available published and archived materials, allowing rapid reassessment of carbon stocks once new data is acquired.*

Methods. *Analysis of published data on carbon content and methodical approaches to the estimation of carbon stocks in swamp ecosystems of West Siberia. Processing the data contained in “Tomsk region peat deposits inventory” and detailed archived materials on specific deposits to validate the existing and to develop a new optimal approach to the estimation of carbon stocks in peat deposits of West Siberia.*

Results. *The lack of representative data on C_{org} content in West Siberian peats is revealed. The authors demonstrate the necessity to revisit current estimations of peat density and C_{org} as averaged over different types of swamps with the aim to improve and optimize estimations of carbon stocks in the swamps of the region. New method, based on the data in region inventories and detailed archived materials of geological surveys in West Siberia, is suggested to assess carbon stocks in peat deposits. The algorithm, taking into account all the information available, is also presented.*

Conclusions. *To optimize and refine the estimation of carbon stocks in peat deposits of West Siberia it is necessary to carry out large-scale analytic research using a unified method and to develop an open database of C_{org} content in organic matter of different peat types, determining for the high-ash fen peats the non-organic carbon content. Methodical approach is suggested to estimate carbon stocks based on using most of the data, available in regional inventories and archived materials of geological surveys in order to enhance the quality of estimation.*

Key words: *methodical approach; carbon stocks; peat deposits; West Siberia.*

How to cite: *Preis Yu.I., Golovatskaya E.A., Kabanov M.M. Development of the methodical approach for the estimation of carbon stocks in peat deposits of West Siberia // The Journal of Soils and Environment. 2023. 6(2). e209. DOI: [10.31251/pos.v6i2.209](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.209). (in Russian with English abstract).*

FUNDING

The study was financially supported by the project No. 123030300031-6 “Development of the field and remote monitoring system of carbon pools and greenhouse gases’ flows over the territory of Russian Federation, ensuring development of data accounting system for climate sensitive substances and carbon budgets in forests and other ground ecosystems”.

REFERENCES

- Arkhipov V.S., Bernatonis V.K. Distribution of calcium in peat deposits of the Central part of Western Siberia. *Eurasian Soil Science*. 2006. No. 39. P. 261–269. DOI: [10.1134/S1064229306030045](https://doi.org/10.1134/S1064229306030045).
- Arkhipov V.S., Maslov S.G. Composition and properties of typical types of peat in the central part of Western Siberia. *Khimija rastitel'nogo syr'ja* (Chemistry of plant raw material). 1998. No. 4. P. 9–16. (in Russian).
- Biryukova O.N., Orlov D.S. The stock of organic carbon in soils of the Russian Federation. *Pochvovedenie*. 1995. No. 1. P. 21–32. (in Russian).
- Vaganov E.A., Vedrova E.F., Verkhovets S.V., Efremov S.P., Efremova T.T., Kruglov V.B., Onuchin A.A., Sukhinin A.I., Shibistova O.B. Forests and swamps of Siberia in the global carbon cycle. *Siberian ecological journal*. 2005. No. 4. P. 631–649. (in Russian).
- Vompersky S.E., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A., Glukhova T.V., Dubinin A.I., Glukhov A.I. Paludified soils and mires of Russia and carbon pool of their peat. *Pochvovedenie*. 1994. No. 12. P. 17–25. (in Russian).
- Vompersky S.E., Tsyganova O.P., Kovalev A.G., Glukhova T.V., Valyaeva N.A. Paludification of Russian territory as a factor of atmospheric carbon binding. In book: *Carbon Budget of Russia*. Moscow: Nauka Publ., 1999. P. 124–145. (in Russian).
- Geological report on detailed survey of the peat deposit “Vasyuganskoe” (plot 22) of Chainskiy district of Tomsk region. Gorky, 1990. Vol. 2. 257 p. (in Russian).
- Golovatskaya E.A. Carbon fluxes in swamp ecosystems of the southern taiga of Western Siberia. Dissertation ... Dr. of Biol. Sci. Tomsk, 2013. 325 p. (in Russian).
- Golovatskaya E.A., Veretennikova E.E., Nikonova L.G. Biological productivity and carbon store in the eutrophic mire. In book: *X meeting in memoriam of Ekaterina Alexeevna Galkina: Proc. of Rus. Sci. Conf.* (Saint-Petersburg, 4–6 February 2019). Yurkovskaya T.R. et al. (ed.). Saint-Petersburg: Publishing House "LETI", 2019. P. 40–42. (in Russian).
- Golovatskaya E.A., Dyukarev E.A., Veretennikova E.E., Nikonova L.G., Smirnov S.V. Evaluation of the dynamics of the carbon balance for peatlands of the southern-taiga subzone of West Siberia (Tomsk region). *The Journal of Soils and Environment*. 2022. Vol. 5. No. 4. P. e194. DOI: [10.31251/pos.v5i4.194](https://doi.org/10.31251/pos.v5i4.194). (in Russian).
- GOST 2408.1-95. Solid fuel. Methods for determining carbon and hydrogen. Moscow: Standard Publishing House. 2001. 20 p. (in Russian).
- GOST 26213-91. Soils. Methods for determining organic matter. Moscow: Standard Publishing House. 1992. 6 p. (in Russian).
- Efremov S.P., Efremova T.T., Melent'eva N.V. Carbon Reserves in Bog Ecosystems. In book: *Carbon in the Ecosystems of Russian Forests and Bogs*. Krasnoyarsk, 1994. P. 128–139. (in Russian).
- Efremova T.T., Avrova A.F., Efremov S.P. Calculation method for determination of carbon in the peat and moss litter of forest swamps by ash content of plant substrates. *Siberian Journal of Forest Science*. 2016. No. 6. P. 73–83. DOI: [10.15372/SJFS20160607](https://doi.org/10.15372/SJFS20160607). (in Russian).
- Inisheva L.I., Sergeeva M.A., Smirnova O.N. Carbon deposition and emission by bogs of Western Siberia. *Nauchnyi dialog* (Scientific Dialogue). 2012. No. 7. P. 61–74. (in Russian). URL: <https://studylib.ru/doc/2126828/deponirovanie-i-e-missiya-ugleroda-bolotami> (accessed on 05.14.2023). (in Russian).
- Kogut B.M., Milanovsky E.Yu., Hamaturov S.A. Methods for determining the organic carbon content in soils (critical review). *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2023. Vol. 114. P. 5–28. DOI: [10.19047/0136-1694-2023-114-5-28](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2023-114-5-28). (in Russian).
- Classification of peats and peat deposits of Western Siberia / Compiled by: L.G. Matukhin, V.G. Matukhina, I.P. Vasiliev. Novosibirsk: SB RAS Publ., 2000. 90 p. (in Russian).
- Leonova O.A. A variety of approaches to the determination of carbon content in peat. *Izvestiya Tula State University. Natural Sciences*. 2022. Iss. 3. P. 71–80. DOI: [10.24412/2071-6176-2022-3-71-79](https://doi.org/10.24412/2071-6176-2022-3-71-79). (in Russian).
- Liss O.L., Abramova L.I., Avetov N.A., Berezina N.A., Inisheva L.I., Kurnishkova T.V., Sluka Z.A., Tolpysheva T.Yu., Shvedchikova N.K. *Bog Ecosystems of Western Siberia and Their Conservation Importance*. Tula: Grif&Co, 2001. 584 p. (in Russian).
- Lishtvan I.I., Korol N.T. *Basic properties of peat and methods of their determination*. Minsk: Science and Technology Publ., 1975. 320 p. (in Russian).

- Loginov P.E., Khoroshev P.I. Peat resources of the West Siberian Plain. Moscow: Geol'torfrazvedka Publ., 1972. 148 p. (in Russian).
- Matukhina V.G., Mikhantjeva L.S. Phosphates, carbonates, and sapropels in peats of West Siberia (regularities of formation resources and usage). Russian Geology and Geophysics. 2001. No 4. P. 596–604. (in Russian).
- Naumova N.B. Writing about organic carbon determination in soil. The Journal of Soils and Environment. 2018. Vol 1. No. 2. P. 98–103. DOI: [10.31251/pos.v1i2.13](https://doi.org/10.31251/pos.v1i2.13). (in Russian).
- Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Humus and soil formation (method and results of study). Leningrad: Nauka Publ., 1980. 222 p. (in Russian).
- Prokushkin A.S., Karpenko L.V., Tokareva I.V., Korets M.A., Pokrovskii O.S. Carbon and nitrogen in the bogs of the northern part of the Sym-Dubches interfluvies. Geography and Natural Resources. 2017. No. 2. P. 114–123. DOI: [10.21782/GIPR0206-1619-2017-2\(114-123\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(114-123)). (in Russian).
- Sorokin V.N., Zadunaiskiy Ya.N., Steklov I.A. Methodological guidelines on peat deposits survey. Methodical instructions. Moscow: Geol'torfrazvedka, 1976. 572 p. (in Russian).
- Stepanova V.A., Mironycheva-Tokareva N.P. Carbon reserve of oligotrophic bogs the middle taiga of Western Siberia. Geo-Siberia-2010: Proc. of the VI Intern. Sci. Congr. (Novosibirsk, 19–29 April 2010). Novosibirsk: SGGA Publ., 2010. Vol. 4. Part 2. P. 109–113. (in Russian).
- Tables for determining a yield of air dry peat in tons with 40% of assumed humidity from 1000 cubic meters of peat. Appendix to “Methodological instruction on office study of peat deposits survey materials” / Compiled by: A.A. Sinadsky. Moscow: Giprotorfrazvedka, 1969. 12 p. (in Russian).
- Peat deposits of Tomsk region (reference book by a state of exploration on 01.01.1996). Novosibirsk: SNIIGGiMS, 1997. 405 p. (in Russian).
- Tyurin I.V. A new modification of the volumetric method of determining humus using chromic acid. Pochvovedenie. 1931. No. 6. P. 36–47. (in Russian).
- Shamrikova E.V., Vanchikova E.V., Kondratenok B.M., Lapteva E.M., Kostrova S.N. Problems and limitations of the dichromatometric method for measuring soil organic matter content: Review. Pochvovedenie. 2022. № 7. P. 787–794. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070097>. (in Russian).
- Beilman D.W., MacDonald G.M., Smith L.C., Reimer P.J. Carbon accumulation in peatlands of West Siberia over the last 2000 years. Global Biogeochemical Cycles. 2009. Vol. 23. Iss. 1. P. 1–12. DOI: [10.1029/2007GB003112](https://doi.org/10.1029/2007GB003112).
- Belyea L.R., Malmer N. Carbon sequestration in peatland: patterns and mechanisms of response to climate change. Global Change Biology. 2004. Vol. 10. Iss. 7. P. 1043–1052. DOI: [10.1111/j.1529-8817.2003.00783.x](https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00783.x).
- Bleuten W., Lapshina E.D. Carbon storage and atmospheric exchange by West Siberian peatlands. Utrecht: Utrecht University. 2001. 116 p.
- Borren W., Bleuten W. Simulating Holocene carbon accumulation in a Western Siberian watershed mire using a 3-D dynamic modeling approach. Water Resources Research. 2006. Vol. 42. W12413. 13 p. DOI: [10.1029/2006WR004885](https://doi.org/10.1029/2006WR004885).
- Borren W., Bleuten W., Lapshina E.D. Holocene peat and carbon accumulation rates in the southern taiga of western Siberia. Quaternary Research. 2004. Vol. 61. Iss. 1. P. 42–51. DOI: [10.1016/j.yqres.2003.09.002](https://doi.org/10.1016/j.yqres.2003.09.002).
- Ciais P., Tagliabue A., Cuntz M., Bopp L., Scholze M., Hoffmann G., Lourantou A., Harrison S.P., Prentice I.C., Kelley D.I., Koven C., Piao S.L. Large inert carbon pool in the terrestrial biosphere during the Last Glacial Maximum. Nature Geoscience. 2014. Vol. 5. P. 74–79.
- Gorham E. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. Ecological Applications. 1991. Vol. 1. Iss. 2. P. 182–195. DOI: [10.2307/1941811](https://doi.org/10.2307/1941811).
- IPCC: Index. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FrontMatter.pdf (accessed on 05.16.2023).
- Lappalainen E. Global Peat Resources. Jyska: International Peat Society and Geological Survey of Finland, 1996. 366 p.
- Lapshina E.D., Pologova N.N. Carbon accumulation. In book: Carbon Storage and Atmospheric Exchange by West Siberian Peatlands. Utrecht: Utrecht Univ., 2001. P. 37–46.

Moore T.R., Roulet N.T., Waddington J.M. Uncertainty in predicting the effect of climatic change on the carbon cycling of Canadian peatlands. *Climatic Change*. 1998. Vol. 40. P. 229–245.

Novikov S.M., Usova L.I. New data on the swamp areas and peat storage on the territory of Russia. Dynamics of mire ecosystems of Northern Eurasia in Holocene: Proc. of the Intern. Symp. (Petrozavodsk, 5–9 October 1998) / Elina G.A et al. (ed.). Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 1998. P. 32–34.

Schurr E.A.G., McGuire A.D., Schädel C., Grosse G., Harden J.W., Hayes D.J., Hugelius G., Koven G.D., Kuhry P., Lawrence D.M., Natal S.M., Olefeldt D., Romanowsky V.E., Schäfer K., Turetsky M.R., Treat C.C., Vonk J.E. Climate change and the permafrost carbon feedback. *Nature*. 2015. Vol. 520. Iss. 7546. P. 171–179.

Sheng Y., Smith L.C., MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Frey K.E., Velichko A.A., Lee M., Beilman D.W., Dubinin P. A high-resolution GIS-based inventory of the West Siberian peat carbon pool. *Global Biogeochemical Cycles*. 2004. Vol. 18. No. 3. P. GB3004. DOI: [10.1029/2003GB002190](https://doi.org/10.1029/2003GB002190).

Yu Z., Loisel J., Brosseau D.P., Beilman D.W., Hunt S.J. Global peatland dynamics since the last glacial maximum // *Geophysical Research Letters*. 2010. Vol. 37. Iss. 13. L13402. DOI: [10.1029/2010GL043584](https://doi.org/10.1029/2010GL043584).

Received 21.07.2023

Accepted 30.08.2023

Published 07.09.2023

About the author(s):

Preis Yulia Ivanovna – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Geo-information Systems, Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia); preisyui@rambler.ru

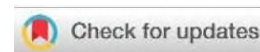
Golovatskaya Evgeniya Aleksandrovna – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director, Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia); golovatskayaea@gmail.com

Kabanov Mikhail Mikhailovich – Junior Researcher of the Laboratory of Geo-information Systems, Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia); mike.kabanov@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/)



ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИН ЧИСТОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЕВРАЗИЙСКИХ СТЕПЯХ

© 2023 А. А. Титлянова , С. В. Шибарева , З. В. Варакина 

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: argenta@issa-siberia.ru

Цель работы. В статье рассмотрено изменение величин надземной (ANP), подземной (BNP) и общей чистой первичной продукции (NPP), выраженных в сухом веществе, в луговых, настоящих и сухих степях вдоль широтного (от 56 до 43° с.ш.) и долготного (от 36 до 116° в.д.) градиента.

Методология. Проанализированы продукционные характеристики 32 степей, среди которых 9 луговых, 14 настоящих и 9 сухих степей. Продукционные характеристики получены по единой методике (методом минимальной оценки).

Основные результаты. Величина ANP в луговых степях уменьшается с 10,2 до 3,1; в настоящих — от 6,7 до 0,7; в сухих — от 3,7 до 0,6 т/га в год. Величина BNP в луговых степях варьирует от 26,8 до 10,1; в настоящих — от 25,7 до 7,7; в сухих — от 24,8 до 4,9 т/га в год. Изменение кривой значений BNP с запада на восток часто не совпадает с изменением кривой значений ANP: снижение ANP может сопровождаться увеличением BNP.

Рассмотренные три типа степей по величине ANP были разделены по группам: с величиной ANP от 10 до 5; от 5 до 3; от 3 до 1; и менее 1 т/га в год. Первая группа располагается в пространстве от 56 до 51° с.ш. и включает шесть луговых и одну настоящую степь. Во вторую группу входят все три типа степей (три луговых, шесть настоящих и одна сухая степь), ограниченных 56 и 50° с.ш. Третья группа степей, в пределах от 54 до 43° с.ш., состоит из шести настоящих и семи сухих степей. На 50° с.ш. находятся настоящая и сухая степи с наименьшей величиной надземной продукции.

Первая и вторая группы находятся на одной и той же территории (от 56 до 50° с.ш.) и включают как луговые, так и настоящие степи. Около 70% луговых и половина настоящих степей, характеризуются величиной ANP от 6,7 до 3,1 т/га в год. В северной части изученной зоны находятся высокопродуктивные луговые степи, в ее южной части — настоящие степи, как с высокой, так и с низкой продукцией.

Группа степей с продукцией от 3 до 1 т/га в год включает семь низкопродуктивных настоящих и восемь сухих степей. Средняя величина ANP настоящих и сухих степей данной группы совпадает (2,2 т/га в год). Следовательно, пространство от 54 до 43° с.ш. можно считать зоной сухих степей.

Заключение. Таким образом, нельзя выделить отдельно зону луговых и зону настоящих степей, а существует степная зона, включающая луговые и настоящие степи. Предложенное деление степей и выделение степной зоны сделано на основании анализа величин ANP, которая является важнейшей характеристикой любой экосистемы.

Ключевые слова: надземная продукция; подземная продукция; широтный градиент; долготный градиент; луговые степи; настоящие степи; сухие степи.

Цитирование: Титлянова А.А., Шибарева С.В., Варакина З.В. Закономерности изменения величин чистой первичной продукции в евразийских степях // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e210. DOI: [10.31251/pos.v6i2.210](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.210).

ВВЕДЕНИЕ

Степная зона в пределах России распространяется от 56 до 43° с.ш. и охватывает пространство от 36 до 116° в.д.

По классификации Е.М. Лавренко с соавторами (1991) выделяют четыре подзональных типа степей, сменяющих друг друга при движении с севера на юг в связи с нарастанием аридности климата:

1. Луговые, богаторазнотравные, степи с полужасушливым климатом;
2. Настоящие, или типичные, разнотравно-дерновиннозлаковые степи с засушливым климатом;
3. Сухие, дерновиннозлаковые (бедноразнотравные) степи с сухим климатом;
4. Опустыненные дерновиннозлаковые степи с очень сухим климатом.

Нарастание аридности климата выражается в уменьшении к югу количества осадков, повышении сумм положительных температур и удлинении вегетационного периода (Лавренко и др., 1991). Предложенная классификация степей широко распространена, в ней учитывается видовой состав, высота и ярусность травостоя, его масса, но не учитывается чистая первичная продукция.

Чистая первичная продукция (NPP, net primary production) – это количество органического вещества, созданного травостоем (либо зеленой частью любой экосистемы) за определенный промежуток времени.

Отдельно определяется **надземная первичная продукция (ANP, above-ground net production)** и **подземная первичная продукция (BNP, below-ground net production)**. Продукцию измеряют в единицах массы на единицу площади за определенный период времени, чаще всего за год (Титлянова, Шибарева, 2020).

На ряду с ботанической классификацией разрабатывается классификация по величине чистой первичной продукции (надземной и подземной). Величина чистой первичной продукции является глобальным показателем, поскольку позволяет оценить количественно углеродно-кислородный обмен между атмосферой и почвенно-растительным горизонтом. Ботаническая и продукционная классификация – это классификации, учитывающие разные показатели.

Для создания фитомассы зеленый покров ежегодно потребляет определенное количество двуокси углерода (CO_2) и воды, создавая определенное количество NPP. После отмирания зеленых частей растения начинается их минерализация с выделением в атмосферу CO_2 и воды в почву и атмосферу. От соотношения интенсивности продуцирования и минерализации органического вещества изменяется в некоторой степени концентрация CO_2 в атмосфере. В связи с развитием промышленности, железнодорожного и автотранспорта в атмосферу выбрасывается значительное количество CO_2 и других соединений, содержащих углерод, что загрязняет окружающую среду. Оценить, на сколько природные экосистемы могут снизить повышенное из-за выбросов промышленности CO_2 в атмосфере, – главная задача экологической науки на сегодняшний день.

Цель статьи – проанализировать изменение величин надземной первичной продукции (ANP), подземной первичной продукции (BNP) и чистой первичной продукции (NPP) по широтному и долготному градиентам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели проанализируем (выраженные в сухом веществе) величины ANP, BNP, NPP луговых, настоящих и сухих степей, и их изменение как по широтному, так по долготным градиентам. Рассмотрены продукционные характеристики 32 степей, среди которых 9 луговых, 14 настоящих и 9 сухих степей.

Все величины получены единым методом, а именно путем минимальной оценки чистой первичной продукции. Данный метод неоднократно был изложен ранее (Базилевич и др., 1978; Титлянова, 1977).

Предыдущие исследования показали, что величина ANP зависит как от типа растительности и почвы, так и от метеоусловий местности, где расположена данная степь. При этом величина BNP не подчиняется данным закономерностям (Титлянова и др., 1996; Титлянова, Самбуу, 2016). Характер ее изменения не совпадает с изменением ANP, т. е. с изменением гидротермических и почвенных условий. В связи с этим рассмотрим характер снижения ANP от 10 до 1 т/га в год и ниже.

Ранжирует степи ($n=32$) по величине надземной продукции с выделением следующих групп: 1) степи с величиной ANP от 10 до 5 т/га в год (табл. 1); 2) с величиной ANP от 5 до 3 т/га в год (табл. 2); 3) с величиной ANP от 3 до 1 т/га в год; и 4) с величиной ANP менее 1 т/га в год (табл. 3).

В первую группу входят семь степей: шесть луговых и одна настоящая. Степи данной группы расположены в пространстве от 56 до 51° с.ш. и встречаются от 36 до 93° в.д.

Таблица 1

Степи с величиной надземной первичной продукции (ANP) от 10 до 5 т/га в год

Источник*	Тип степи	Местоположение, координаты	Растительная ассоциация	Почва	ANP	BNP	NPP
1	Луговая	Курская область, 51° с.ш. и 36° в.д.	ковыльно-разнотравно-прямокоштровая	чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый	10,2	26,8	37,0
2	Луговая	Окско-Донская низменность, 54° с.ш. и 39° в.д.	разнотравно-злаковая	чернозем типичный мощный	8,4	12,0	20,4
1	Луговая	Курская область, 51° с.ш. и 36° в.д.	разнотравно-мятликово-безострокостровая	чернозем типичный тяжелосуглинистый	7,0	19,0	26,0
1	Настоящая	Казахстан, Уральск, 51° с.ш. и 51° в.д.	полынно-злаковая	лугово-каштановая	6,7	23,0	29,7
3	Луговая	Красноярский край, Назарово, 56° с.ш. и 90° в.д.	разнотравно-злаковая	чернозем обыкновенный луговатый мощный	6,6	14,6	21,2
1	Луговая	Новосибирская область, Приобье, склон увала, 54° с.ш. и 73° в.д.	разнотравно-злаковая	лугово-черноземная среднесуглинистая	6,1	18,4	24,5
1	Луговая	Воронежская область, 51° с.ш. и 40° в.д.	злаково-разнотравная	чернозем типичный	5,1	10,1	15,2

Примечание.

*Источник: 1 – Титлянова, Шибарева, 2020; 2 – Базилевич, 1993; 3 – Дубынина, 2019.

Наиболее высока продукция луговых степей, расположенных на западе на черноземах мощных и типичных. На той же широте, но восточнее лежат Западно-Казахстанские степи. Надземная продукция настоящих степей, приуроченных к лугово-каштановым почвам (Уральск), достигает 6,7 т/га в год. Значительно восточнее, в Красноярском крае, продукция луговых степей, расположенных на черноземе обыкновенном луговатом мощном, также очень высока. Небольшое снижение продукции (6,1 т/га в год) наблюдается в Приобье (Новосибирская область) в луговых степях, лежащих на склоне увала.

Первые три степи с наиболее высокой продукцией, лежащие на мощных черноземах, получают только атмосферную влагу. Все остальные травостои находятся на почвах, имеющих дополнительное увлажнение за счет стока с вышележащих поверхностей. Климатические условия рассматриваемых степей резко различаются: в Курской области выпадает около 600 мм осадков, и среднегодовая температура достигает 6°С. В Западно-Казахстанской области среднегодовая температура такая же, как в Курской области, но количество осадков в 2 раза меньше. При движении на восток, среднегодовые температуры снижаются, количество осадков колеблется в пределах 460–350 мм.

Как уже указывалось, все степи, лежащие восточнее Курской области, получают малое количество осадков – от 460 до 245 мм. Их фитоценозы отличаются высокой надземной продукцией (5–10 т/га), а почвы – луговатостью, поскольку получают дополнительное увлажнение со стоком из вышележащих геоморфологических позиций. Следовательно, высокая надземная продукция степей (от 10 до 5 т/га в год) может обеспечиваться не только благоприятными почвенными условиями и значительным количеством осадков, но и дополнительным увлажнением. Подземная продукция в данной группе меняется от 26,8 до 10,1 т/га в год (рисунок). Величинами измерения для данного рисунка являются процент от максимального значения величин ANP и BNP, которые приняты равными 100%.

Величина ANP меняется от 100 до 50%, и равномерно падает от большей величины к меньшей. Абсолютно другой ряд изменения наблюдается для величины BNP. Сто процентов BNP совпадает со ста процентами ANP. Однако ход изменения ANP отличен от хода изменения BNP. Если величина ANP равномерно падает от большего значения к меньшему, то в ходе изменения величины BNP наблюдаются резкие незакономерные снижения и повышения. Данные изменения не приурочены ни к климатическим, ни к почвенным условиям.

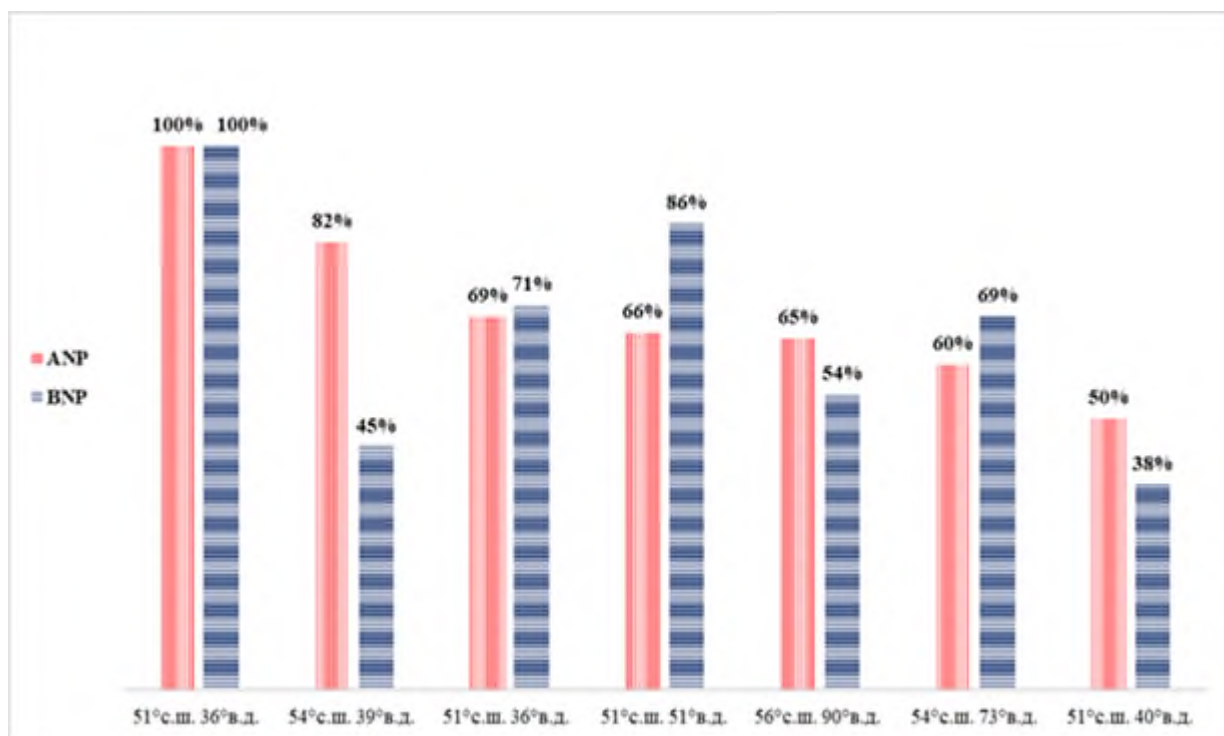


Рисунок. Величины надземной (ANP) и подземной (BNP) первичной продукции, выраженные в % от их максимального значения.

Следующую группу с величиной ANP от 5 до 3 т/га в год представляют 10 степей, из которых три относятся к луговым, шесть – к настоящим и одна к сухим степям (см. табл. 2). Данная группа расположена восточнее, чем предыдущая: от 55 до 116° в.д. В широтно-зональном направлении изученные степи располагаются от 56 до 50° с.ш. Северная граница совпадает со степями предыдущей группы, а нижняя граница лежит на градус южнее.

Изменение продукции трех луговых степей данной группы определяется прежде всего климатическими условиями, меняющимися с запада на восток. Самая продуктивная степь данной группы – луговая (Курганская область, 56 с.ш. и 63° в.д.) – лежит в нижней части склона, ANP достигает 4,8 т/га в год. Степь с надземной продукцией 3,6 т/га в год находится в Барабинской низменности (54 с.ш. и 75° в.д.) на выравненной вершине гривы. Самая восточная степь находится в Забайкалье (50 с.ш. и 116° в.д.) в днище пади, где ANP составляет 3,1 т/га в год. Соответственно положению в пространстве и величине надземной продукции изменяется тип почвы: чернозем выщелоченный – чернозем обыкновенный – лугово-черноземная мерзлотная.

Среди настоящих степей данной группы (см. табл. 2) наиболее продуктивны степные фитоценозы Казахстана (Петропавловская область, 54° с.ш. и 69° в.д.) и Оренбургской области (51° с.ш. и 55° в.д.) со значениями ANP 4,4 и 4,3 т/га в год, соответственно. Одна степь лежит западнее и южнее (Оренбургская область), что отражается в свойствах почвы: здесь сформировался чернозем южный неполноразвитый карбонатный. Вторая степь (Казахстан) расположена севернее и восточнее, почва – чернозем обыкновенный. Данные степи получают одинаковое количество осадков, но различны по температурным условиям: среднегодовая температура в Оренбургской обл. составляет 4,5°С, в Казахстане – 1,5°С. В более теплых условиях при недостаточном количестве осадков формируется чернозем южный неполноразвитый карбонатный. В Казахстане, в более холодных условиях, образуется чернозем обыкновенный. Вероятно, разница в формировании почв определяется их позицией на катене: в первом случае чернозем образуется в элювиальной позиции; во втором случае – в транзитной. Экосистемы, различные по климатическим, почвенным и гидрологическим условиям могут иметь, как и показано выше, одну и ту же величину надземной продукции, что, скорее всего, связано с наличием доступной влаги в почве.

Таблица 2

Степи с величиной надземной первичной продукции (ANP) от 5 до 3 т/га в год

Источник*	Тип степи	Местоположение, координаты	Растительная ассоциация	Почва	ANP	BNP	NPP
1	Луговая	Зауралье, Курганская область, Шадринский район, 56° с.ш. и 63° в.д.	злаково-разнотравная	чернозем выщелоченный	4,8	15,2	20,0
1	Настоящая	Казахстан, Петропавловская область, 54° с.ш. и 69° в.д.	разнотравно-ковыльная	чернозем обыкновенный	4,4	25,7	30,1
1	Настоящая	Оренбургская область, 51° с.ш. и 55° в.д.	леймуново-ковыльно-разнотравная	чернозем южный неполно-развитый карбонатный	4,3	22,5	26,8
1	Настоящая	Казахстан, Шортанды, 52° с.ш. и 70° в.д.	разнотравно-ковыльно-типчачковая	черноземно-луговая	3,8	23,1	26,9
2	Сухая	Тыва, днище пади, 51° с.ш. и 91° в.д.	разнотравно-ковыльная	каштановая среднемошная суглинистая	3,7	24,8	28,5
1	Настоящая	Хакасия, Шушенское, 53° с.ш. и 91° в.д.	осоково-овсецово-тырсовая	чернозем южный солонцеватый	3,6	11,6	15,2
1	Луговая	Новосибирская обл., Карачи, вершина гривы, 54° с.ш. и 75° в.д.	разнотравно-бобово-злаковая	чернозем обыкновенный	3,6	18,3	21,9
1	Настоящая	Казахстан, Шортанды 52° с.ш. и 70° в.д.	типчачково-ковыльковая	чернозем южный карбонатный	3,5	19,9	23,4
1	Настоящая	Оренбургская область, 51° с.ш. и 55° в.д.	злаково-разнотравная	темно-каштановая солонцеватая карбонатная легкосуглинистая	3,3	13,5	16,8
3	Луговая	Забайкалье, Харанор, днище пади, 50° с.ш. и 116° в.д.	осоково-вострцово-разнотравная	лугово-черноземная мерзлотная бескарбонатная мощная	3,1	20,8	23,9

Примечание.

*Источник: 1 – Титлянова, Шибарева, 2020; 2 – Титлянова и др., 2020; 3 – Снытко и др., 1988.

Уменьшение продукции с 4 до 3 т/га в год обусловлено изменением климатических и почвенных условий. Степь в Казахстане (Шортанды) с продукцией 3,8 т/га в год лежит на лугово-черноземной почве, образующейся в нижней части элювиальной позиции. Уменьшение ANP в Хакасии до 3,6 т/га в год связано с более сухой и солонцеватой почвой (чернозем южный солонцеватый). Близкая величина ANP (3,5 т/га в год) получена для степи, лежащей в средней части элювиальной позиции катены в Казахстане (Шортанды), где почва – чернозем южный карбонатный. Уменьшение ANP в Оренбургской обл. до 3,3 т/га в год определяется свойствами почвы (темно-каштановая солонцеватая карбонатная).

Как показано выше, величина ANP зависит не только от местных климатических условий и свойств почвы, но и от положения экосистемы в рельефе. В данной группе величина ANP настоящих степей максимальна для фитоценоза, приуроченного к чернозему обыкновенному; минимальна – для фитоценоза на темно-каштановой солонцеватой карбонатной почве.

В эту группу входит одна сухая степь Тывы, находящаяся в днище пади (51° с.ш. и 91° в.д.) Как величина продукции (3,7 т/га в год), так и свойства почвы (каштановая среднемошная суглинистая), указывает на то, что экосистема получает добавочное к осадкам количество влаги, стекающей с возвышенных элементов рельефа.

В группе степей, имеющей надземную продукцию от 5 до 3 т/га в год, подземная продукция варьирует от 25,7 до 11,6 т/га в год, составляя в среднем 19,5 т/га в год. Средняя величина ANP

данной группы – 3,8 т/га в год. Выявляется удивительная ситуация: по сравнению с первой группой (7,2 т/га в год), во второй группе средняя величина ANP уменьшается почти в 2 раза, а средняя величина BNP больше на 10%. При этом внутри ряда можно выделить две группы фитоценозов с продукцией от 25,7 до 18,3 и от 15,2 до 11,6 т/га в год. В группу экосистем с высокой подземной продукцией входят две луговых, четыре настоящих и одна сухая степь. Две луговых степи расположены восточнее 75° в.д. Настоящие степи расположены намного западнее (от 55 до 70° в.д.). В этом же ряду величин BNP находится одна сухая степь, расположенная в Тыве, в днище пади. Группа с низкой величиной BNP включает одну луговую и две настоящие степи. Степи находятся в диапазоне долгот от 55 до 91° в.д. Луговая степь лежит на северной границе распространения степей (56° с.ш.). Степи с BNP 11,6 и 13,5 т/га в год приурочены к солонцеватым почвам.

Следующая группа травяных фитоценозов с ANP от 3 до 1 т/га в год состоит из настоящих и сухих степей (см. табл. 3). Территория, занимаемая данной группой, ограничена широтами от 54 до 43° с.ш. По долготному градиенту они расположены от 44 до 116° в.д.

Настоящие степи данной группы лежат в пределах 54–50° с.ш. и 59–116° в.д. на почвах с неблагоприятными свойствами: солонец лугово-степной стреднестолбчатый, чернозем мучнисто-карбонатный солонцеватый, чернозем карбонатный, темно-каштановая каменистая, чернозем мучнисто-карбонатный маломощный, чернозем малогумусный с укороченным профилем.

Сухие степи лежат в диапазоне широт от 43 до 52° с.ш. и долгот от 44 до 95° в.д. и находятся в крайне разнообразных климатических условиях. Так, количество осадков в сухих степях Дагестана и Тывы одинаково, а среднегодовое количество осадков на Алтае почти в 2 раза меньше. Вегетационный период (т. е. количество дней с температурой выше 5° С) в Дагестане составляет 214 дней, в Тыве и на Алтае – 150). Средняя температура июля в Дагестане – 24° С, в Тыве – 17,5° С, на Алтае – всего 13° С.

Разница в климатических условиях определяет различие в видовом составе растений в исследованных регионах. Так, в сухих степях Дагестана главными доминантами являются: ковыль волосовидный (*Stipa capillata*), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*), полынь крымская (*Artemisia taurica*); в сухих степях Алтая: ковыль Крылова (*Stipa krylovii*), тонконог алтайский (*Koeleria altaica*), полынь сантолинолистная (*Artemisia santolinifolia*); в сухих степях Тывы: ковыль Крылова (*Stipa krylovii*), тонконог гребенчатый (*Koeleria cristata*), полынь холодная (*Artemisia frigida*). Среди доминантов трех анализируемых степей нет ни одного общего вида: есть виды, характерные для двух местообитаний, и не характерны для третьего; есть виды, различные для всех трех местообитаний. Таким образом, видовой состав доминантов сухих степей Дагестана, Алтая и Тывы отличается. И эти отличия в определенной мере влияют на величину продукции анализируемых степей.

Настоящие степи данной группы характеризуются величиной надземной продукции от 2,8 до 1,1 т/га в год; сухие – от 3,0 до 1,8 т/га в год. Следовательно, в данной группе различие в величинах надземной продукции между настоящими и сухими степями не прослеживается. Средняя величина ANP для данной группы – 2,1 т/га в год.

Подземная продукция исследованных степей меняется от 20,2 до 4,9 т/га в год, составляя в среднем 12,7 т/га в год. В группу степей с величиной BNP от 20,2 до 12,0 т/га в год входят все настоящие степи и одна сухая степь Казахстана. Группа степей с величиной ниже 12,0 т/га в год представлена только сухими степями.

Травяные фитоценозы с продукцией менее 1 т/га в год встречаются редко: либо на обезвоженных территориях (настоящая степь Забайкалья, вершина сопки: 0,7 т/га в год), либо при очень сильном выпасе (сухая степь Тывы, Эрзин: 0,6 т/га в год). Степь Забайкалья расположена на вершине сопки, что приводит к низкому содержанию почвенной влаги в связи с ее стоком в нижележащие позиции. Данная степь имеет величину BNP 7,7 т/га в год. Сухая степь Тывы, находящаяся под сильным выпасом, характеризуется величиной BNP равной 6,2 т/га в год (см. табл.3).

Таблица 3

Степи с величиной надземной первичной продукции (ANP) от 3 до 1 т и менее 1 т/га в год

Источник*	Тип степи	Местоположение, координаты	Растительная ассоциация	Почва	ANP	BNP	NPP
1	Сухая	Дагестан, Терско-Сулакская низменность, 43° с.ш. и 46° в.д.	разнотравно-полынно-злаковая	каштановая среднесуглинистая маломощная	3,0	10,6	13,6
2	Настоящая	Новосибирская область, Карачи, вершина гривы, 54° с.ш. и 75° в.д.	разнотравно-пырейно-типчаковая	солонец лугово-степной среднестолбчатый	2,8	20,2	23,0
1	Сухая	Саратовская область, 51° с.ш. и 46° в.д.	типчаково-ковыльная	каштановая	2,8	4,9	7,7
3	Настоящая	Забайкалье, Харанор, нижняя часть склона сопки, 50° с.ш. и 116° в.д.	тырсово-разнотравно-вострецовая	чернозем мучнисто-карбонатный солонцеватый	2,5	17,5	20,0
1	Настоящая	Казахстан, Шортанды, 52° с.ш. и 70° в.д.	разнотравно-ковыльная	чернозем карбонатный	2,3	15,9	18,2
1	Сухая	Алтайский край, 52° с.ш. и 82° в.д.	полынно-разнотравно-злаковая	каштановая	2,3	5,2	7,5
1	Настоящая	Челябинская область, 52° с.ш. и 59° в.д.	овсецово-ковыльно-разнотравная	темно-каштановая каменистая	2,2	16,0	18,2
1	Сухая	Тыва, Ончаалан, 50° с.ш. и 95° в.д.	змеевко-полынно-ковыльная	каштановая щебнисто-песчаная	2,2	12,0	14,2
1	Сухая	Калмыцкая АССР 46° с.ш., 44° в.д.	овсянницево-ковыльная	каштановая	1,9	9,4	11,3
1	Сухая	Казахстан, Кургальджинский район, 50° с.ш. и 70° в.д.	типчаково-ковыльковая	каштановая	1,8	14,0	15,8
3	Настоящая	Забайкалье, Харанор, средняя часть склона сопки, 50° с.ш. и 116° в.д.	разнотравно-пижмовая	чернозем мучнисто-карбонатный маломощный	1,5	14,4	15,9
4	Сухая	Монголия, 43° с.ш. и 97° в.д.	караганово-злаковая	каштановая	1,3	–	–
5	Настоящая	Западное Забайкалье, днище Тугнуйской котловины, 51° с.ш. и 107° в.д.	злаково-разнотравная	чернозем малогумусный с укороченным профилем	1,1	12,3	13,4
менее 1 т/га в год**							
3	Настоящая	Забайкалье, Харанор, вершина сопки 50° с.ш. 116° в.д.	типчаково-хамедоросовая	чернозем бескарбонатный слаборазвитый	0,7	7,7	8,4
1	Сухая	Тыва, Эрзин 50° с.ш. 95° в.д.	змеевко-полынно-ковыльная	каштановая суглинистая	0,6	6,2	6,8

Примечание.

*Источник: 1 – Титлянова, Шибарева, 2020; 2 – Вагина и др., 1976; 3 – Снытко и др., 1988; 4 – Банникова и др., 1986; 5 – Чимитдоржиева и др., 2012. Прочерк – данные отсутствуют.

ОБСУЖДЕНИЕ

Степная полоса в Северной Евразии от луговых до опустыненных степей занимает основную часть территории, расположенной между 56 и 43° с.ш. и 36 и 116° в.д.

В настоящее время большинство черноземов, а также каштановых почв, находящихся в благоприятных климатических условиях, почти полностью распашаны. В степной полосе остались лишь отдельные островки луговых и настоящих степей, и довольно узкая полоса сухих степей на юге страны. Часть сельскохозяйственных угодий в 90-е годы прошлого столетия были заброшены, и степи с их травостоем и почвами медленно восстанавливались (Титлянова, Шибарева, 2022). Как оставшиеся заповедные, так и восстановившиеся участки степей позволяют оценить величину чистой первичной продукции травяных экосистем, ранее распашанных.

Напомним, что чистая первичная продукция – это то количество фитомассы, которая создана фитоценозом за весь вегетационный период в надземной и подземной сферах сообщества.

Как уже указывалось выше, по составу растительности можно выделить четыре полосы степей, расположенных с севера на юг: луговые, настоящие, сухие и опустыненные (в данной статье опустыненные степи мы не рассматривали) (Лавренко и др., 1991).

Обычно считают, что луговые степи наиболее продуктивны; расположенные южнее настоящие степи имеют меньшую надземную продукцию; и самая низкая надземная продукция характерна для сухих степей (Базилевич, 1993). Однако приведенная схема далеко не полностью соответствует действительности.

На самом деле не существует такой полосы, в которой бы присутствовали степи одного типа с определенной величиной продукции.

Обобщенные результаты распространения степей с определенной величиной надземной продукции, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Классификация степей по величине надземной первичной продукции (АНП), т/га в год

Широты	Величина АНП, т/га в год	Количество степей		
		луговые	настоящие	сухие
56–51° с.ш.	10–5	6	1	0
56–50° с.ш.	5–3	3	6	1
54–43° с.ш.	3–1	0	6	7
50° с.ш.	< 1	0	1	1

Степи с АНП менее 5 т/га в год представлены в основном луговыми степями. Зона луговых степей с высокой продукцией лежит в пределах от 56 до 51° с.ш. и не включает сухие степи (см. табл. 4). Степи данной группы лежат либо на черноземах (типичных мощных, типичных тяжелосуглинистых, типичных); либо на почвах с дополнительным увлажнением (чернозем обыкновенный луговатый мощный, лугово-черноземная среднесуглинистая). Настоящая степь приурочена к лугово-каштановой почве. Следовательно, степи с высокой продукцией лежат либо на мощных и типичных черноземах, либо на почвах с дополнительным увлажнением (см. табл. 1).

Степи с АНП более 5 т/га в год, представлены в основном луговыми степями. Зона луговых степей с высокой продукцией лежит в пределах от 56 до 51° с.ш. и не включает сухие степи (см. табл. 4). Степи данной группы лежат либо на черноземах (типичных мощных, типичных тяжелосуглинистых, типичных), либо на почвах с дополнительным увлажнением (чернозем обыкновенный луговатый мощный, лугово-черноземная среднесуглинистая). Настоящая степь приурочена к лугово-каштановой почве. Следовательно, степи с высокой продукцией лежат либо на мощных и типичных черноземах, либо на почвах с дополнительным увлажнением (см. табл. 1).

В группу степей с продукцией от 5 до 3 т/га в год входят все три типа степей – три луговых, шесть настоящих и одна сухая. Данные степные фитоценозы расположены от 56 до 50° с.ш. Северная граница совпадает со степями предыдущей группы, а нижняя граница лежит на градус южнее. Три луговых степи приурочены к совершенно различным почвам: к выщелоченному чернозему, бедному питательными элементами; к чернозему обыкновенному, лежащему на вершине гривы, т. е. теряющему воду; к лугово-черноземной мерзлотной (см. табл. 2). Понижение продукции луговых степей, по сравнению с луговыми степями предыдущей группы, связано с ухудшением почвенных и гидрологических условий.

Настоящие степи лежат на черноземах – обыкновенном, южном неполноразвитом карбонатном, южном солонцеватом, южном карбонатном; а также на черноземно-луговой и темно-каштановой солонцеватой карбонатной почвах. Низкая величина надземной продукции данной группы (3,3–3,6 т/га в год) определяется неблагоприятными почвенными условиями.

В данную группу степей входит сухая степь с продукцией 3,7 т/га в год, лежащая на каштановой среднемощной суглинистой почве (см. табл. 2). Степь Тывы расположена в днище пади и получает дополнительное увлажнение за счет стока с вышележащих поверхностей.

В группу с величиной продукции от 3 до 1 т/га в год входят шесть настоящих и семь сухих степей. Территория, занимаемая данной группой, ограничена широтами от 54 до 43° с.ш. Настоящие степи этой группы характеризуются средней величиной надземной продукции 2,1 т/га в год и приурочены к почвам с неблагоприятными условиями – карбонатным, каменистым, солонцеватым и солонцам. Сухие степи имеют практически такую же среднюю величину ANP – 2,2 т/га в год и лежат на каштановых почвах разного свойства (см. табл. 3).

На 50° с.ш. находятся настоящая и сухая степи с наименьшей величиной надземной продукции. Настоящая степь расположена на вершине сопки, что приводит к низкому содержанию почвенной влаги в связи с ее стоком в нижележащие позиции. Сухая степь испытывает сверхсильную пастбищную нагрузку.

Весь приведенный материал показывает, что не существует зон отдельно луговых, отдельно настоящих, отдельно сухих степей. Луговые и настоящие степи расположены в диапазоне от 56 до 50° с.ш. Наиболее высокая продукция (более 5 т/га в год) луговых степей связана с благоприятными климатическими и почвенными условиями. Группу луговых и настоящих степей с продукцией от 5 до 3 т/га в год составляют луговые степи с неблагоприятными свойствами почв, и настоящие степи, лежащие на разных почвах от чернозема обыкновенного до темно-каштановой солонцеватой карбонатной. Область в границах от 56 до 50° с.ш. и от 36 до 116° в.д. можно считать типично степной, которая включает все луговые, а также большинство настоящих степей, продуцирующих от 5 до 3 т/га надземного сухого вещества в год.

Степное пространство от 54 до 43° с.ш. включает настоящие и сухие степи с величиной надземной продукции в среднем 2,2 т/га в год. Почвы под настоящими степями неблагоприятны для жизни и роста растений. Они относятся к карбонатным, каменистым, солонцеватым и солонцам. Сухие степи лежат на каштановых почвах разного свойства.

Зона степей в границах от 54 до 43° с.ш. и от 46 до 116° в.д. является, по существу, сухостепной.

Итак, в результате анализа величин надземной продукции степей и подстилающих их почв, мы выделяем две зоны: степную и сухостепную. В первую зону входят луговые и настоящие степи; во вторую – настоящие, с низкой величиной ANP от 2,8 до 1,1 т/га в год, и сухие с величиной ANP от 3,0 до 1,3 т/га в год.

ВЫВОДЫ

1. Надземная первичная продукция (ANP) луговых степей составляет в среднем 6,1; настоящих степей – 3,0; сухих – 2,2 т/га в год. Все три типа степей отличаются по величине ANP.

2. Чистая первичная продукция (NPP) луговых степей составляет 23,3; настоящих – 19,1; сухих – 13,1 т/га в год. При этом NPP луговых степей превышает NPP настоящих на 20%, а сухих степей – на 44%. Таким образом, величина ANP луговых степей в 2 раза выше ANP настоящих степей, и в 3 раза – сухих.

3. По величине ANP степи резко различаются. По величине NPP луговые и настоящие степи близки, сухая степь резко отлична от луговой и настоящей.

4. Около половины луговых и настоящих степей характеризуются одной и той же величиной ANP (от 6,7 до 3,1 т/га в год), и зону луговых степей по величине ANP не выделяется. Можно выделить зону луговых и настоящих степей, которая лежит между 56 и 50° с.ш.

5. В группе степей с надземной первичной продукцией от 3 до 1 т/га в год по величине ANP настоящие и сухие степи не отличаются (среднее значение – 2,2 т/га в год). Принимая во внимание одинаковые величины ANP настоящих и сухих степей, можно назвать территорию между 54 и 43° с.ш. зоной сухих степей.

6. Важнейшей величиной работы фитоценоза является отношение подземной первичной продукции (BNP) к надземной (ANP): это отношение показывает, сколько тонн прироста подземных органов обеспечивает прирост одной тонны зеленой фитомассы (в сухом весе) за год. Средние величины данного отношения составляют для группы степей с величиной ANP от 10 до 5 т/га в год – 2,5; для группы степей с величиной ANP от 5 до 3 т/га в год – 5,1; и для группы степей с величиной ANP от 3 до 1 т/га в год – 6. Следовательно, чем жестче условия существования фитоценоза (недостаток влаги, высокие летние температуры), тем большую долю фотосинтетата

растения посылают в подземные органы: при высокой температуре окружающей среды только усиленный рост корней может обеспечить зеленую фитомассу необходимым количеством влаги. Перестройка распределения фотосинтетатов между зеленой фитомассой и корнями обеспечивается сменой видового состава сообщества от луговых степей к сухим, т.е. мезофиты сменяются ксерофитами, более приспособленными к жарким и сухим условиям жизни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разделение степей на луговые, настоящие и сухие было сделано по видовому составу фитоценозов. По параметрам, включающим величину ANP и свойства почвы, можно выделить всего две группы: степи (луговые + настоящие) и сухие степи.

ЛИТЕРАТУРА

- Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. Москва: Наука, 1993. 293 с.
- Базилевич Н.И., Титлянова А.А., Смирнов В.В., Родин Л.Е., Нечаева Н.Т., Левин Ф.И. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. Москва: Мысль, 1978. 184 с.
- Банникова И.А., Суховерко Р.В., Баясгалан Д. // Степи Восточного Хангая. Москва: Наука, 1986. С. 126–143.
- Вагина Т.А., Шатохина Н.Г. Динамика запасов надземной и подземной органической массы степных, луговых и болотных фитоценозов // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Том 2. Биогеоэкологические процессы. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1976. С. 217–264.
- Дубынина С.С. Чистая первичная продукция растительного вещества фаций Березовского участка Назаровской котловины // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 11. С. 9–14. DOI: [10.17513/mjpf.12923](https://doi.org/10.17513/mjpf.12923).
- Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. Ленинград: Наука, 1991. 146 с.
- Снытко В.А., Нефедьева Л.Г. Настоящие степи Забайкалья, Читинская область // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988. С. 49–58.
- Титлянова А.А. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 219 с.
- Титлянова А.А., Косых Н.П., Курбатская С.С., Кыргыз Ч.С., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П., Самбуу А.Д., Шибарева С.В. Продуктивность травяных экосистем Тувы // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 2. С. e110. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i2.110>.
- Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П. Подземные органы растений в травяных экосистемах. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 128 с.
- Титлянова А.А., Самбуу А.Д. Сукцессии в травяных экосистемах. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016. 191 с.
- Титлянова А.А., Шибарева С.В. Продуктивность травяных экосистем (Справочник). Москва: Издательство МБА, 2020. 100 с.
- Титлянова А.А., Шибарева С.В. Изменение чистой первичной продукции и восстановление запасов углерода в почвах залежей // Почвоведение. 2022. № 4. С. 500–510. DOI: [10.31857/S0032180X2204013X](https://doi.org/10.31857/S0032180X2204013X).
- Чимитдоржиева Э.О., Чимитдоржиева Г.Д., Давыдова Т.В., Цыбенков Ю.Б. Чистая первичная продукция постагрогенных почв Западного Забайкалья // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2012. № 4. С. 28–31.

Поступила в редакцию 29.07.2023

Принята 18.09.2023

Опубликована 27.09.2023

Сведения об авторах:

Титлянова Аргента Антониновна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биогеоэкологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); argenta@issa-siberia.ru

Шибарева Светлана Васильевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия).




Варакина Зоя Вадимовна – техник-лаборант лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); varakina@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/)

PATTERNS OF NET PRIMARY PRODUCTION CHANGES IN EURASIAN STEPPES

© 2023 A. A. Titlyanova  **S. V. Shibareva** , **Z. V. Varakina** 

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Lavrentieva 8/2, Novosibirsk, Russia. E-mail: argenta@issa-siberia.ru

The aim of the study. *The aim of the study was to analyze changes in the above-ground (ANP), below-ground (BNP) and total net primary production (NPP), expressed in dry matter, in meadow, true and dry steppes along the latitudinal (from 56° to 43° N) and longitudinal (from 36° to 116° E) gradients.*

Methodology. *Production characteristics of 32 steppes (9 meadow, 14 true and 9 dry steppes), obtained by the same method of minimal estimate, were analyzed.*

Main results. *The ANP value in meadow steppes decreases from 10,2 to 3,1 t/ha per year, in true steppes from 6,7 to 0,7 t/ha per year and in dry steppes from 3,7 to 0,6 t/ha per year. The value of BNP in meadow steppes varies from 26,8 to 10,1 t/ha per year; in true steppes - from 25.7 to 7.7 t/ha per year; and in dry steppes - from 24,8 to 4,9 t/ha per year. The BNP changes from West to East were found not to follow the ANP changes: a decrease in ANP may be accompanied by an increase in BNP.*

According to the ANP estimates the analyzed steppes can be grouped as following: 1) ANP from 10 to 5; 2) ANP from 5 to 3; 3) ANP from 3 to 1; 4) ANP less than 1 t/ha per year. The first group is located between 56° and 51° NL and includes six meadow steppes and one true steppe. The second group includes all three types of steppes (three meadow, six true and one dry steppe) between 56° and 50° N. The third group of steppes, between 54° and 43° NL, consists of six true and seven dry steppes. At 50°N one true and one dry steppes are located with the smallest ANP.

The first and the second groups are located in the same territory (from 56° to 50° N) and include both meadow and true steppes. About 70% of the meadow and half of the true steppes are characterized by the ANP ranging from 6.7 to 3.1 t/ha per year. In the northern part of the explored zone there are highly productive meadow steppes, whereas in its southern part there are true steppes with both high and low production.

The third group of steppes, with production from 3 to 1 t/ha per year, includes seven low-productive true and eight dry steppes. The average ANP of true and dry steppes of this group are similar (2,2 t/ha per year). Consequently, the area from 54° to 43°N can be considered as a zone of dry steppes.

Conclusion. *There are no separate zones of meadow and real steppes, but there is a steppe zone that includes meadow and true steppes. The proposed division of the steppes and their zoning is made on the basis of ANP, which is the most important characteristic of any ecosystem.*

Key words: *aboveground production; belowground production; latitudinal gradient; longitudinal gradient; meadow steppes; true steppes; dry steppes.*

How to cite: *Titlyanova A.A., **Shibareva S.V.**, Varakina Z.V. Patterns of net primary production changes in eurasian steppes // The Journal of Soils and Environment. 2023. 6(2). e210. DOI: [10.31251/pos.v6i2.210](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.210). (in Russian with English abstract).*

REFERENCES

- Bazilevich N.I. Biological productivity of the ecosystems of Northern Eurasia. Moscow: Nauka Publ., 1993. 293 p. (in Russian).
- Bazilevich N.I., Titlyanova A.A., Smirnov V.V., Rodin L.E., Nechaeva N.T., Levin F.I. Methods for biological cycle studying in different natural zones. Moscow: Mysl', 1978. 184 p. (in Russian).

Bannikova I.A., Sukhoverko R.V., Bajasgalan D. East Khangai Steppes. Moscow: Nauka, 1986. P. 126–143. (in Russian).

Vagina T.A., Shatokhina N.G. Dynamics of aboveground and underground organic matter stocks of steppe, meadow and mire phytocenoses. In book: Structure, functioning and evolution of biocenoses system in Baraba. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1976. Vol. 2. P. 217–264. (in Russian).

Dubynina S.S. Net primary production of plant matter of the facies of the Berezovsky section in Nazarovskaya depression. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* (International Journal of Applied and Basic Research). 2019. No. 11. P. 9–14. DOI: [10.17513/mjpf.12923](https://doi.org/10.17513/mjpf.12923). (in Russian).

Lavrenko E.M., Karamysheva Z.V., Nikulina R.I. Steppes of Eurasia. Leningrad: Nauka, 1991. 146 p. (in Russian).

Snytko V.A., Nefedyeva L.G., Dubynina S.S. Grassland ecosystems of the Nazarovskaya depression, Krasnoyarsk region. In book: Biological productivity of grassland ecosystems. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1988. P. 88–97. (in Russian).

Titlyanova A.A. Biological carbon cycle in grass biogeocenoses. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1977. 220 p. (in Russian).

Titlyanova A.A., Kosykh N.P., Kyrgys Ch.S., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova I.P., Sambuu A.D., Shibareva S.V. Productivity of grassland ecosystems in the Tyva Republic, Russia. *The Journal of Soils and Environment*. 2020. Vol. 3. No. 2. P. e110. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v3i2.110>. (in Russian).

Titlyanova A.A., Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova I.P. Below ground organs of plants in grassland ecosystems. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1996. 128 p. (in Russian).

Titlyanova A.A., Sambuu A.D. Succession in grasslands. Novosibirsk: Publishing House SB RAS, 2016. 191 p. (in Russian).

Titlyanova A.A., Shibareva S.V. Productivity of grassland ecosystems: a reference book. Moscow: Publishing House MBA, 2020. 100 p. (in Russian).

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>.

Chimitdorzhieva E.O., Chimitdorzhieva G.D., Davydova T.V., Tsybenov J.B. Net primary production of postagrogenic soils in Western Transbaikal Area. *Vestnik of Kostroma State University*. 2012. No. 4. P. 28–31. (in Russian).

Received 29 July 2023

Accepted 18 September 2023

Published 27 September 2023

About the author(s):

Titlyanova Argenta Antoninovna – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher in the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia), argenta@issa-siberia.ru

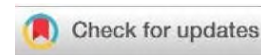
Shibareva Svetlana Vasilevna – Cand. of Biol. Sci., Researcher in the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia).

Varakina Zoya Vadimovna – Laboratory technician in the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); varakina@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/)



ЗАЛЕЖНЫЕ ЗЕМЛИ РОССИИ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (ОБЗОР)

© 2023 Т. В. Нечаева 

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

По оценкам учёных, всего за XX век (1897–2007 гг.) из сельскохозяйственного оборота России 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 преобразовалась в залежные земли (залежи) – от 30–45 до более 60 млн га, где главную роль стали играть природные процессы восстановления постагрогенных экосистем. Официальный учёт стихийно возникших залежей в кризисный период страны 90-х годов XX века должным образом не проводился. Поэтому на сегодня дать объективную оценку площади залежей и охарактеризовать их почвенно-агроэкологический потенциал сложно.

Цель исследования – на основе литературных и собственных данных охарактеризовать залежные земли России с учётом их распространения и агроэкологического состояния постагрогенных экосистем; выявить причины вывода пашни из активного сельскохозяйственного оборота; рассмотреть пути рационального использования залежей. В приложение приведён перечень исследований по изучению почв и растительности в ходе постагрогенных сукцессий на залежных землях России на основе литературных источников за 2006–2023 гг.

Многие исследователи подчёркивают, что для принятия решения по возврату залежей в пашню необходим предварительный осмотр каждого земельного участка, анализ состояния почв и растительности, расчёт финансово-экономических и прочих затрат. Мозаичная разбросанность залежных земель по всей территории нашей огромной страны и высокая вероятность их расположения на деградированных почвах позволяют с уверенностью утверждать, что повсеместная распашка 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; лесов-поглотителей парниковых газов («Киотские плантации»); для развития сельского туризма. Таким образом, необходим поиск решений, дифференцированных в зависимости от состояния почв и растительности на залежных землях и всех прочих природных и социально-экономических условий.

Обобщение знаний по распространению и агроэкологическому состоянию залежных земель России дают возможность учёным, земледельцам и широкому кругу специалистов в области оценки и охраны природных ресурсов прогнозировать процессы, происходящие в почвах и растениях в ходе постагрогенных сукцессий и принимать решения по рациональному использованию залежей.

Ключевые слова: постагрогенные экосистемы; естественное восстановление; рациональное использование залежей; природные ресурсы

Цитирование: Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e215. DOI: [10.31251/pos.v6i2.215](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215).

ВВЕДЕНИЕ

Выбывание земель из активного сельскохозяйственного оборота (далее – сельхозоборот) существует с тех пор, как человек стал земледельцем и начал осваивать методом проб и ошибок тонкости ведения сельского хозяйства. В глобальном масштабе в период с 1700 по 1990 гг. было заброшено порядка $1,5 \times 10^6$ км² пахотных земель (Ramankutty, Foley, 1999). По мнению М.Л. Бурдуковского, П.А. Перепелкиной (2022), наибольшее сокращение посевных площадей отмечено в экономически развитых странах, а также в государствах, имеющих в территориальном составе горные районы. В частности, такое сокращение произошло в Восточной Европе (Cramer et al., 2008; Alcantara et al., 2012), Юго-Восточной Азии (Li S., Li X., 2017) и на территории бывшего СССР (Курганова, Лопес де Гереню, 2009; Люри и др., 2010; Телеснина и др., 2017; Ioffe et al., 2012; Kalinina et al., 2015).

Выведение из активного сельхозоборота части земель сельскохозяйственных угодий (далее – сельхозугодий) под залежные земли может быть связано с различными причинами (Хитров и др., 2008; Люри и др., 2010; Сорокина и др., 2016):

- ✓ снижение плодородия почв и деградация земель;
- ✓ войны и различные кризисные ситуации;
- ✓ целенаправленный временный вывод для восстановления плодородия почв природными экосистемами (переложная система земледелия);
- ✓ использование земель сельхозугодий для строительства дорог, промышленных предприятий и жилищ, для создания рекреационных зон;
- ✓ целенаправленное восстановление природных экосистем на месте бывших сельхозугодий.

Реформирование аграрного сектора России после распада СССР привело к трансформации крупных сельскохозяйственных предприятий, развитию многоукладной экономики, частных сельскохозяйственных предприятий, крестьянских (фермерских) и личных хозяйств населения. Стихийно сложившиеся экономические взаимоотношения в системе агропромышленного комплекса страны (в частности диспропорция ценообразования на горюче-смазочные материалы, удобрения, средства химзащиты растений и пр.) обусловили убыточность земледелия, ограничили возможность обрабатывать землю на значительных площадях (Захаренко, 2008; Свинцов и др., 2008; Куликова, Ефремова, 2017; и др.). Поэтому с начала 90-х годов XX века в сельском хозяйстве страны сложилась (и до сих пор сохраняется) устойчивая тенденция вывода из активного сельхозоборота ранее засеваемых пахотных угодий, не обеспечивающих рентабельное возделывание выращиваемых культур.

В настоящее время сотни тысяч гектаров незасеваемой пашни, попав в категорию неиспользуемых (бросовых) земель сельскохозяйственного назначения (далее – сельхозназначения) оказались благоприятной средой для восстановления природных ландшафтов, стали активно зарастать луговой, кустарниковой и древесной растительностью и, таким образом, перешли в постагрогенные залежные экосистемы (Сорокина, 2008; Бобринев, Пак, 2015; Дмитриев, Леднев, 2016; Телеснина, 2021; Данилов и др., 2022; и др.). Актуальность всестороннего изучения процессов, происходящих на залежных землях (залежах), определяется огромными масштабами их распространения в связи с экономическими трудностями в сельском хозяйстве страны и перераспределением земель между собственниками (Аницеферова, 2008; Шукин и др., 2018). Отсутствие надлежащего государственного контроля за состоянием земельных ресурсов, экстенсивный характер хозяйствования во многих регионах страны чреваты тяжёлыми экологическими и социально-экономическими последствиями в виде снижения плодородия почв, потерь огромных обжитых территорий, структурной и демографической деградации села, продовольственной зависимости от других стран (Савостьянов, 2004; Каштанов, Сизов, 2008; Люри и др., 2010; Иванов, 2015; и др.).

Цель исследования – на основе литературных и собственных данных охарактеризовать залежные земли России с учётом их распространения и агроэкологического состояния постагрогенных экосистем; выявить причины вывода пашни из активного сельхозоборота; рассмотреть пути рационального использования залежей.

Автор работы попытался ответить на следующие вопросы:

- ✓ Что такое залежи и какую площадь они занимают в земельном фонде России?
- ✓ Каковы причины «укрывательства» истинной площади неиспользуемых (бросовых) земель сельхозназначения и в каких регионах страны они получили наибольшее распространение?
- ✓ Есть ли общие закономерности восстановления почв и растительности в ходе постагрогенных сукцессий на залежных землях?
- ✓ Целесообразно ли возвращать все площади стихийно возникших залежей страны в пашню?
- ✓ Какие есть перспективные направления по рациональному использованию залежей?

В приложение приведён перечень исследований по изучению почв и растительности в ходе постагрогенных сукцессий на залежных землях России на основе литературных источников за 2006–2023 гг., включённых в обзор.

ЗЕМЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ РОССИИ: СТРУКТУРА, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИЧИНЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЗАЛЕЖЕЙ

Россия занимает первое место в мире по наличию земельных ресурсов и входит в пятерку лидеров по площади пашни (Иванов, 2015; Орлова, 2015). Согласно данным Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (далее – Росреестр) в докладе о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения РФ (Доклад ..., 2022), площадь **земельного фонда** страны на 1 января 2021 г. составила **1712,5 млн га**, включая земли:

- ✓ сельскохозяйственного назначения – 380,7 млн га (22,2%);
- ✓ населенных пунктов – 20,6 млн га (1,2%);
- ✓ промышленности и иного специального назначения – 17,6 млн га (1,0%);
- ✓ особо охраняемых территорий и объектов – 49,7 млн га (2,9%);
- ✓ лесного фонда – 1127,6 млн га (65,9%);
- ✓ водного фонда – 28,1 млн га (1,6%);
- ✓ запаса – 88,2 млн га (5,2%).

В соответствии с ЗК РФ ст. 77 (Земельный кодекс ..., 2001), **землями сельскохозяйственного назначения** признаются земли, находящиеся за границами населённого пункта и предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей. Земли данной категории выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат особой охране, направленной на сохранение их площади, предотвращение развития негативных почвенных процессов и повышение плодородия почв.

В составе земель сельхозназначения выделяют (Доклад ..., 2022, с. 7):

✓ **сельскохозяйственные угодья** – систематически используемые земли в сельскохозяйственном производстве, включая следующие пять категорий: пашни, залежи, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения;

✓ **несельскохозяйственные угодья** – земли, занятые внутрихозяйственными дорогами, коммуникациями, мелиоративными защитными лесными насаждениями, водными объектами, а также зданиями, сооружениями, используемыми для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции.

По данным Росреестра на 1 января 2021 г. (Доклад ..., 2022, с. 7–8) общая площадь **несельскохозяйственных угодий** в структуре земель сельхозназначения страны составила **182,9 млн га**, **сельскохозяйственных угодий** – **197,8 млн га**, в том числе:

- ✓ пашни – 116,2 млн га (58,7%);
- ✓ **залежи** – **4,4 млн га** (2,2%);
- ✓ сенокосы – 18,7 млн га (9,5%);
- ✓ пастбища – 57,3 млн га (29%);
- ✓ многолетние насаждения – 1,2 млн га (0,6%).

По оценкам Д.И. Люри с соавторами (2010, с. 383–384), в России всего за XX век (1897–2007 гг.) из сельхозоборота было выведено около **70 млн га** угодий, причём примерно 1/3 из них ещё до начала постсоветского кризиса 1990-х гг. Часть из них была «съедена» разрастающимися городами, объектами промышленности и инфраструктуры. Однако подавляющая часть неиспользуемых (бросовых) сельхозугодий преобразовалась в залежные земли – более **60 млн га** (что сопоставимо с территорией Франции!), где главную роль стали играть природные процессы восстановления постагрогенных экосистем. Основные массивы залежей России расположены в **Центральном** (12,5 млн га), **Уральском** (12,0 млн га), **Поволжском** (10,5 млн га) и **Северо-Западном районах** (6,4 млн га) – всего 41,4 млн га, что составляет 64% всех залежных земель страны (Люри и др., 2010, с. 155–158).

По другим источникам (Миндрин, 2008; Свинцов и др., 2008; Кузнецова и др., 2009; Орлова, 2015; Сорокина и др., 2016; Щукин и др., 2018; и др.) за постсоветский период из сельхозоборота России выпало **от 30 до 45 млн га** пашни и перешло в залежное состояние.

В чём же причина таких различий в оценке площади распространения залежных земель России? Дело в том, что официальный учёт стихийно возникших залежей в период системного кризиса страны 90-х годов XX века должным образом не проводился (Ковалева, 2008). Поэтому на сегодня дать объективную оценку площади залежных земель и оценить их почвенно-агроэкологический потенциал сложно.

Ряд учёных в своих работах частично касались проблемы оценки площади залежей как в масштабах страны (Романовская, 2006а; Люри и др., 2010), так и в отдельных её регионах (Савостьянов, 2004; Анищферова, 2006; Китов, Цапков, 2015; Сорокина, 2008; Сорокина и др., 2016; Шпедт, Трубников, 2018; Джабраилова, 2021; и др.). Многие из них подчёркивают приблизительный характер приводимых оценок. В качестве причин такой неопределённости исследователи отмечают, в первую очередь, **отсутствие ГОСТа на понятие «залежь»**, что приводит к слишком широкой трактовке данного термина.

Вполне логично считать, что сельскохозяйственные земли, выведенные из режима пашни, переходят в залежное состояние. Кратковременная (8–12 лет) залежь в степных районах называется **перелогом**, в лесостепных – **залогом**. **Залежь** – это последующее развитие таких земель, необрабатываемых более длительный период (Черкасов, Масютенко, 2008). В работе Д.И. Люри с соавторами (2010, с. 6) выделено три подхода к определению термина «залежи» (**fallows**):

1. Это ранее пахотные земли, выведенные из сельскохозяйственного оборота и переведённые в земельной статистике в категорию залежей (официальный подход). Часто залежи могут зарости не только лугом, но и лесом, однако в «государственных книгах» они продолжают считаться сельскохозяйственным угодьем, но не пашней.

2. Земля продолжает считаться пашней, но из-за кризиса сельского хозяйства выведена из оборота, и на ней происходит восстановление природных экосистем (неофициальный статистический подход). Такого рода ситуации возникают из-за того, что переучёт сельскохозяйственных земель происходит один раз в несколько лет. Кроме того, многие предприятия заинтересованы в сохранении этих земель как пашни в надежде, что по выходе из кризиса они их будут использовать по назначению, хотя часто на этих «пашнях» уже выросли молодые леса. Определить площадь таких залежей можно путем вычитания из пашни площади посевов и паров. В ряде районов страны такого рода залежи составляют более половины пашни.

3. Эта природная экосистема, которую когда-то (более года назад) использовали для возделывания сельскохозяйственных культур, но с тех пор выведена из оборота, и сейчас на ней происходит восстановление природных экосистем посредством естественных сукцессионных процессов или в результате рекультивации (геоботанический подход). С точки зрения земельной статистики в данный момент она может относиться к землям любой категории (сельскохозяйственным, лесным, запаса и др.).

Отсутствие ГОСТа и официального статуса «залежь» у неиспользуемых (бросовых) земель сельхозназначения приводит к «укрывательству» истинной их площади землепользователями из-за возможных административно-правовых и экономических санкций (Ковалева, 2008). Сложная ситуация с оценкой распространения залежей обусловлена также отсутствием надёжной информации о положении и состоянии земель сельхозугодий в связи с ликвидацией системы институтов РосНИИземпроект, свёртыванием работ по землеустройству, почвенно-агрохимическим и геоботаническим обследованиям (Хитров и др., 2008, Иванов, 2015).

По данным Росреестра на 1 января 2021 г. (Доклад ..., 2022, с. 7–8) общая площадь **неиспользуемых земель сельхозназначения** в России составляет **44,5 млн га** (11,7% общей площади земель сельхозназначения), в том числе площадь **неиспользуемых сельхозугодий** – **33,0 млн га** (16,7% общей площади сельхозугодий), включая площадь **неиспользуемой пашни** – **18,8 млн га** (16,1% общей площади пашни). Наибольшее распространение неиспользуемых сельхозугодий (включая неиспользуемые пашни) отмечено в **Приволжском, Сибирском и Центральном** федеральных округах РФ, входящих в топ-4 с наибольшей площадью сельхозугодий страны, составляющих в сумме 77,3%:

- ✓ Приволжский – 51,3 млн га (25,9%);
- ✓ Сибирский – 41,0 млн га (20,7%);
- ✓ Южный – 31,4 млн га (15,9%);
- ✓ Центральный – 29,4 млн га (14,8%).

На территории большинства субъектов РФ продолжают сокращаться и недостаточно эффективно использоваться земли сельхозугодий в силу разных причин, представляющих собой совокупность тесно связанных между собой **социально-экономических** (недостаток материально-технических ресурсов и финансовых средств, снижение численности сельского населения), **экологических** (деградация и загрязнение почв, дисбаланс угодий и др.) и **организационно-правовых факторов** (ослабление государственного контроля за использованием и охраной земель).

Почти все механизмы государственного регулирования земельных отношений, предусмотренных земельным законодательством, оказались «совсем неработающими», либо недостаточно действенными, либо труднореализуемыми, что не способствует сохранности земель сельхозназначения. Законодательное регулирование использования и охраны земель должно исходить из того, что земля независимо от форм собственности и хозяйствования на ней остаётся общенациональным достоянием, требующем особой охраны. В этой связи необходимо разработать порядок введения неиспользуемых (бросовых) земель в активный сельхозоборот (Миндрин, 2008). Следует также отметить, что в действующем земельном законодательстве очень мало уделяется внимания почвам. Сфера действия единственного федерального закона, адресованного почвам («О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения») ограничена категорией земель сельхозназначения. Почвы и почвенные ресурсы остались «незаконными» в отличие от других природных ресурсов, по которым приняты специальные федеральные законы (Суханов, 2020). О роли почв в оценке экономической составляющей деградации земель подробно представлено в обзоре Е.В. Цветнова с соавторами (2021).

Неиспользуемые земли сельхозназначения, в первую очередь заброшенные пашни, представляют значительный резерв для развития аграрного сектора России. Однако возврат неиспользуемых земель в активный сельхозоборот связан с необходимостью решения ряда проблем (Доклад ..., 2022, с. 275–276), включая:

- ✓ Отсутствие актуальной и достоверной информации о неиспользуемых (бросовых) землях сельхозназначения, их местоположении, границах и агроэкологическом состоянии, собственниках земельных участков.
- ✓ Совершенствование методики оценки пригодности и целесообразности возврата неиспользуемых земель в активный сельхозоборот.
- ✓ Формирование перечней и выделение особо ценных продуктивных сельхозугодий, которые не могут быть использованы для иных целей, кроме сельскохозяйственного производства.
- ✓ Различного рода трудности в переводе земель из одного вида сельхозугодий в другой или сельскохозяйственных в несельскохозяйственные угодья, а также определение разрешённого вида использования таких земель.

Потери отечественного земледелия обусловлены не только тем, что выведенные из активного сельхозоборота обширные площади бывших пахотных угодий не дают урожая. На постагроденных почвах залежей в таёжной и таёжно-лесной зонах происходит восстановление и развитие негативных природных процессов заболачивания, оподзоливания и затопления. На чернозёмных почвах залежей в лесостепной и степной зонах усиливаются процессы аридизации, засоления, опустынивания и другие виды деградаций (Каштанов, Сизов, 2008). В ряде регионов России произошло ухудшение фитосанитарной обстановки на неиспользуемых (бросовых) землях сельхозназначения (Ледовский и др., 2012б; Амелин и др., 2013; Дмитриев, Леднев, 2016; и др.) из-за распространения сорняков, бурного размножения различных опасных вредителей и развития болезней растений вплоть до чрезвычайных ситуаций (нашествие саранчи, лугового мотылька, совок, колорадского жука, мышевидных грызунов и др.). Такой опасности подвержено более 70% площадей посевов с экстенсивной культурой земледелия без использования удобрений и средств защиты растений (Захаренко, 2008). Выбывшие из-под контроля и активного сельхозоборота большие площади пашни, пастбищ и сенокосов стали настоящим экономическим и экологическим бедствием, свидетельством отставания отечественного земледелия от других стран мира.

Таким образом, низкая культура земледелия, технологическая отсталость и техническая несостоятельность на фоне неупорядоченных земельных отношений, издержек землепользования и неразвитой сельской инфраструктуры создают сложнейшие социальные проблемы в России. Резко сократилось трудоспособное сельское население страны. Крупные массивы земель для многих сельских поселений превратились в «дальнеземелье». Местное население нередко оказывается вне сферы производства. В конечном итоге создаётся картина социального опустынивания, особенно характерная для Нечерноземной зоны России (Кирюшин, 2008; Свинцов и др., 2008; Иванов, 2015; и др.). Поэтому важное значение, на наш взгляд, имеет создание благоприятных социально-экономических условий для сохранения и дальнейшего развития деревенского социума, поддержания сельского хозяйства, без чего невозможно решить проблему национальной продовольственной безопасности страны.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ХОДЕ ПОСТАГРОГЕННЫХ СУКЦЕССИЙ НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ

Огромные масштабы распространения неиспользуемых (бросовых) земель сельхозназначения после постсоветского кризисного периода страны 90-х годов XX века привели к необходимости всестороннего изучения учёными процессов, происходящих на залежах. С начала 2000-х годов опубликованы результаты исследований почв и растительности в ходе постагрогенных сукцессий на залежных землях в различных природных зонах и субъектах Российской Федерации, включая: монографии (Анциферова, 2006; Люри и др., 2010; Сорокина, 2008; Сорокина и др., 2016), материалы Всероссийской научной конференции «Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота» (Агроэкологическое состояние..., 2008), научные статьи (см. Приложение) и другие публикации. Многие исследователи (в том числе автор данного обзора) отмечают, что изучение свойств почв и растительности на разновозрастных залежных землях Европейской территории России (ЕТР) проведено больше, чем в Сибири, на Урале и Дальнем Востоке. Актуальность мониторинга агроэкологического состояния постагрогенных экосистем подтверждает также тот факт, что центры и станции Агрохимической службы России проводят обследование залежных земель лишь выборочно с периодичностью 15–20 лет (Сычѳв и др., 2008).

Сукцессионные изменения на залежных землях – сложный процесс постагрогенного восстановления почв и растительности. При зарастании заброшенных сельхозугодий, особенно после долгого их использования, изменяются многие почвенные показатели, включая углерод и гумусное состояние почв (Романовская, 2006а,б; Лопес де Гереню и др., 2009; Кутькина, Еремина, 2011; Зинякова и др., 2013; Приходько и др., 2013; Ерѳмин, 2014; Пуртова и др., 2019; Трушков и др., 2019; Овсепян и др., 2020; и др.), физические, физико-химические и агрохимические свойства постагрогенных почв (Кузнецова и др., 2009; Морковкин, Дѳмина, 2011; Русанов, Тесля, 2012; Амелин и др., 2013; Ледовский и др., 2012а; Степанцова и др., 2014; Гиниятуллин и др., 2015; Денисов, 2016; Баева и др., 2017; Медведев и др., 2018; Соколов, Соколова, 2020; Якутина и др., 2019; Булышева и др., 2021; Малышев, 2021; Телеснина, 2021; Борисов и др., 2022; Данилов и др., 2022; Попков, Сорокина, 2021а; и др.), функционирование микробных сообществ и биологические свойства почв (Владыченский и др., 2012; Мясникова и др., 2013; Плеханова, Потапова, 2014; Казеев и др., 2020; Курганова и др., 2021а; Ковалева и др., 2020; 2022; Якутина и др., 2022; и др.). На залежных землях в ходе постагрогенных сукцессий меняется также видовой состав и структура фитоценоза (Бобринев, Пак, 2015; Ледовский и др., 2012б; Дмитриев, Леднев, 2016; Миллер и др., 2017; Атутова, 2019; Бурдуковский и др., 2020; Титлянова, Шибарева, 2022; и др.).

Изучив процессы восстановления природных экосистем на основе сравнения хронорядов почв залежей в различных природных зонах ЕТР Д.И. Люри с соавторами (2010, с. 326–327) пришли к выводу, что основное направление, принципиальный набор серийных стадий, примерную скорость постагрогенной сукцессии определяют **зональная локализация и тип почв**. Однако «поступательное движение вперѳд» по восстановлению естественной зональной растительности может быть модифицировано, заторможено или ускорено под влиянием других многочисленных факторов, в первую очередь:

- ✓ наличие **видов-блокираторов**, например, таких как борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*), люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus*) и др.;
- ✓ особенности начального состояния и антропогенное воздействие на залежь, её месторасположение (относительно рефутиумов, откуда могут быть принесены семена растений).

К дополнительным условиям, влияющим на степень и скорость восстановления постагрогенных почв залежей относятся уровень агротехники в период пахоты (степень удобренности, типы и регулярность севооборотов, глубина механической обработки и пр.) и изменение каких-либо внешних условий, обусловленных пахотным режимом (интенсивность эрозии, подъѳм почвенно-грунтовых вод и др.). Так, например, наименее удобренные почвы могут восстанавливать свой профиль существенно быстрее, чем наиболее удобренные, особенно это касается внесения органических удобрений в таѳжной зоне ЕТР (Люри и др., 2010, с. 326–327).

Другие исследователи (Сорокина и др., 2016; Телеснина и др., 2017; Курганова и др., 2018; и др.) также подчѳркивают, что на динамику изменения свойств постагрогенных почв залежей оказывают влияние такие факторы как лесорастительная зона/тип почвы (биоклиматическая зона), возраст залежи, глубина в пределах пахотного слоя и режим использования.

Особый интерес, на наш взгляд, представляют результаты исследований старопашотных и старозалежных почв древнеземледельческих районов. Например, биогеохимические исследования разновременных залежей (от 20 до 2400 лет) в древнеземледельческих районах Северо-Западного Крыма показали, что для старозалежных почв характерны повышенная аккумуляция микроэлементов и биофильных элементов из-за более низкой биогеохимической подвижности главных продуктов почвообразования, сохранение остаточной элювированности, большая степень выщелоченности в отношении карбонатов кальция и ряда других элементов биологического поглощения (Лисецкий и др., 2016а). В сельскохозяйственной округе одного из античных центров Северного Причерноморья (Керкинитиды) выявлены долговременные изменения вещественного состава пахотных и залежных почв. Биогеохимическая специфика старозалежных почв проявляется в том, что степная растительность наиболее эффективно обеспечивает ренатурацию старопашотных почв путём биогенной аккумуляции таких элементов, как $Si = Co < K < Cu < Na < Sr < Mg < As$. Результаты изучения почв древнеземледельческих районов позволяют учёным составить объективное представление о трендах агрогенно обусловленной эволюции почв в современный период освоения и на основе прогноза на долгосрочную перспективу разработать комплекс мероприятий, направленных на воспроизводство ресурсов почвенного плодородия и предотвращение рисков сверхнормативного проявления деградационных процессов (Лисецкий и др., 2016б).

Несмотря на то, что пахота является очень сильным антропогенным воздействием, глубоко трансформирующим экосистемы (включая сильную модификацию почв и полное уничтожение растительности), и то, что сельхозугодья имеют значительные, а в ряде случаев и доминирующие, площади, естественные сукцессионные механизмы постагрогенного восстановления экосистем сохранились во всех природных зонах России (Денисенко и др., 2002; Люри и др., 2010). Это выгодно отличает Россию от многих стран Западной Европы, где сукцессионные механизмы часто оказываются «сломанными» из-за отсутствия семян растений, необходимых для их функционирования. Смена растительности в ходе постагрогенных сукцессий на залежных землях зависит от многих факторов: физических и агрохимических свойств почвы, истории и длительности землепользования на данной территории, почвенного банка семян, наличия занесённых видов, аллелопатических взаимодействий, времени нахождения в залежном состоянии и др. (Сорокина, 2018; Атутова, 2019; Бурдуковский и др., 2020; Kalinina et al., 2015; и др.). Так, например, в ходе залежной сукцессии на чернозёме обыкновенном и каштановой почве Тывы было установлено, что в первую очередь восстанавливаются видовой состав фитоценоза и запасы почвенного органического вещества, характерные для зональных целинных почв; наиболее медленно формируется структура подземной части растительного вещества (Титлянова, Шибарева, 2022).

Наиболее длительно восстанавливаются сложно организованные экосистемы и профили почв от средней тайги до широколиственных лесов (первые сотни лет), наиболее быстро – чернозёмы южной лесостепи. Промежуточными по длительности восстановления являются аридные почвы (Люри и др., 2010, с. 326–336). В большинстве случаев почвы «запаздывают» за растительностью и являются «ведомым» компонентом в экосистемах, о чём классики науки писали ещё в первой половине XX столетия (Роде, 1947). Это связано с тем, что почвы и растения, развиваясь взаимосвязано, проходят всё-таки разные пути постагрогенного восстановления – по сущности процессов, длительности и последовательности стадий эволюции, влияния на них прошлых и изменяющихся во времени актуальных условий среды.

Таким образом, основными компонентами постагрогенных экосистем, быстро реагирующими на смену экологических условий и отражающими эту взаимосвязь, являются почвы и растительность. Постагрогенные сукцессии оказывают влияние на структуру и состав фитоценоза, что в свою очередь способствует, как правило, значительному увеличению корней, возрастанию биологической активности почвы и накоплению почвенного органического вещества, изменению морфологического строения и свойств почв, улучшению структуры верхней части ранее обрабатываемого пахотного слоя. Все вышеперечисленные изменения диктуют необходимость мониторинга агроэкологического состояния постагрогенных экосистем для определения путей рационального использования залежных земель в отраслях народного хозяйства (в первую очередь в сельском и лесном) либо в качестве возобновлённых природных фитоценозов как части естественных ландшафтов, о чём более подробно будет представлено в следующем разделе.

ПУТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ РОССИИ

Возврат залежных земель в активный сельхозоборот. Стратегическим национальным приоритетом, выделяемым в Доктрине продовольственной безопасности РФ (Доктрина ..., 2020), является «повышение качества жизни российских граждан путём гарантирования высоких стандартов жизнеобеспечения». Достижение поставленной цели реализуется через решение ряда задач, ключевые из которых – восстановление и повышение плодородия почв, предотвращение сокращения площадей земель сельхозназначения, рациональное использование таких земель, защита и сохранение сельхозугодий от водной и ветровой эрозии, опустынивания. Для аграрного сектора России одна из приоритетных задач на ближайшие годы – повторная распашка земель, выведенных из активного сельхозоборота за последние несколько десятилетий. К концу 2030 г. планируется вовлечь не менее 12 млн га залежей (Голубев и др., 2021).

При всей кажущейся простоте решения задачи по возврату залежей в активный сельхозоборот – выделить средства и вновь распашать – возникает вопрос: на сколько это целесообразно? Для этого, по мнению Н.Б. Хитрова с соавторами (2008), необходимо:

- ✓ иметь **достоверную информацию** (которая до сих пор отсутствует) о положении и почвенно-агроэкологическом состоянии каждого участка, выведенного из сельхозоборота;
- ✓ рассматривать проблему **использования** (а не просто возврата) выбывших из оборота земель в общем контексте решения задачи по рациональному использованию и управлению земельными и почвенными ресурсами как в отдельных регионах, так и в России в целом.

Мониторинг почвенно-агроэкологического состояния постагрогенных экосистем в различных биоклиматических условиях позволяет рассматривать залежные земли России как стабилизирующий компонент агроландшафтов и резерв для повторного введения в активный сельхозоборот (Куликова, Ефремова, 2017; Галеева, 2020; Иванов и др., 2020; Джабраилова, 2021; Курганова и др., 2021б; Аксенова, Гиндемит, 2022; Бурдуковский, Перепелкина, 2022; Попков, Сорокина, 2023б; и др.). Ограничением для перевода земель из залежи в пашню может служить высокий процент распаханности территории, проявление дефляции почв в сильной степени, наличие крутых склонов (более 7⁰), загрязнение химическими соединениями и прочее (Шпедт, Трубников, 2017; 2018). Так, например, окультуренные дерново-подзолистые и бурые лесные почвы Калининградской области, которые ушли в залежь с кислой реакцией среды, а также старые залежи с мелколесьем из берёзы без известкования не имеет смысла повторно вовлекать в севооборот (Анциферова, 2008). Зарастающие лесом постагрогенные серые лесные почвы Красноярского края можно рассматривать как резерв освоения и возвращения в пашню; при этом необходимо учитывать, что поселившийся на залежах лес оказывает выравнивающее влияние на свойства постагрогенных почв, превращая биоценозы в более стабильную и самоконтролируемую систему (Сорокина и др., 2010; Сорокина, 2018). Естественное возобновление леса на бывших сельскохозяйственных землях Забайкальского края способствует увеличению лесистости горных территорий (Бобринев, Пак, 2015). Следовательно, восстановление леса имеет важное значение с позиции экологической устойчивости сформировавшихся постагрогенных экосистем и оптимизации агроландшафтного земледелия.

Многие исследователи (Каштанов, Сизов, 2008; Хитров и др., 2008; Черкасов, Масютенко, 2008; Щукин и др., 2018; Зыбалов и др., 2020; Екимовская и др., 2023; и др.) подчёркивают, что для принятия технологического решения по возврату залежей в пашню необходим предварительный осмотр каждого участка, количественный и качественный анализ состояния почв и растительности, расчёт финансово-экономических и прочих затрат. Мозаичная разбросанность залежных земель по всей территории нашей огромной страны и высокая вероятность их расположения на деградированных почвах позволяют с уверенностью утверждать, что **повсеместная распашка залежей нецелесообразна**, и даже вредна, поскольку вызовет новый этап развития разных видов деградации. Необходим поиск решений, дифференцированных в зависимости от состояния почв и растительности на залежных землях и всех прочих природных и социально-экономических условий. Следует также добавить, что для эффективного управления земельными и почвенными ресурсами России требуется цифровизация землеустройства на основе создания многофункциональной земельно-информационной системы и геоинформационных технологий (Китов, Цапков, 2015; Бугаевская и др., 2023). И весьма желательно, чтобы вся информация поступала и обрабатывалась на базе создания **единой государственной земельной службы** страны.

Залежные земли как источник кормовых и иных природных ресурсов. При забрасывании пашни в любой природной зоне России на её месте через некоторое время возникают травяные сообщества – луга или степи. Они дают сено или зелёный корм при использовании залежей в качестве сенокосов или пастбищ, то есть являются **кормовыми ресурсами**. Так, например, в Республике Бурятия экономически более эффективно использовать залежные земли в качестве естественных кормовых угодий (Екимовская и др., 2023). Если сенокосение или выпас прекращаются (либо изначально отсутствуют), то восстановительная сукцессия развивается дальше. В лесной зоне в данном случае происходит восстановление лесных постагрогенных экосистем с разнообразными так называемыми **«замещающими» природными ресурсами** (Люри и др., 2010 с. 337):

- ✓ заготовка древесины;
- ✓ собирательство (ягоды, грибы);
- ✓ охота на популяции промысловых животных;
- ✓ сбор и заготовка лекарственных растений.

Кроме вышеперечисленных «материальных» замещающих природных ресурсов возникают ещё и «нематериальные», среди которых можно выделить:

- ✓ **рекреационные ресурсы** – способность экосистем поддерживать различную рекреационную деятельность человека;
- ✓ **биосферные ресурсы** – генетические ресурсы, регуляторные функции, способность аккумулировать углерод и др.

Стоит также упомянуть про **сельский туризм**, хорошо себя зарекомендовавший во многих странах мира с точки зрения поддержания деревенского социума и сохранения сельского ландшафта. В России правовое регулирование использования земель сельхозназначения в целях развития сельского туризма нуждается пока в серьёзной доработке (Папаскири и др., 2023).

Наша страна по-прежнему является гигантским резерватом экологически чистого существования и поэтому вполне возможно обернуть вспять обезлюживание сельских территорий, но для этого необходимо в одинаковой мере развивать производство на селе и сельский туризм, повышать привлекательность сельской местности (Толстов, Усольцев, 2017). Требуется разработка и реализация нескольких стратегий развития сельских территорий России (Люри и др., 2010, с. 347–348), включая поддержку:

1. Крупнотоварного производителя федерального уровня, способного обеспечить продовольствием не только страну, но и предложить продукцию на экспорт. Наиболее эффективна данная стратегия для чернозёмных и южных регионов ЕТР, юга Урала, а также в Сибири и на Дальнем Востоке.

2. Регионального производителя, способного обеспечить местной продукцией свой регион. Поддержка должна быть ориентирована на пригороды областных и районных центров Нечерноземья, может быть пригодна для северных районов страны со значительной ориентацией населения на производителей местной продукции (Якутия, северные национальные округа АТР).

3. Локального производителя совместно с созданием инфраструктуры для использования замещающих природных ресурсов и развития рекреации. Данная стратегия целесообразна для ещё дышащих полупериферийных и периферийных деревень Нечерноземья, где пока сохранились рабочие руки, фермеры, техника и т.д.

4. Деревенского социума для небольших, практически вымирающих деревень периферии. С развитием торговой, транспортной, медицинской и иной инфраструктуры для рекреации и возможности использования замещающих природных ресурсов, способных если не вдохнуть в эти районы новую жизнь, то хотя бы поддержать старую.

5. Сельского ландшафта. Речь идёт о территориях, которые уже несколько десятилетий назад были покинуты жителями, их немало в Карелии, Архангельской, Вологодской и других северных областях, ранее интенсивно сельскохозяйственно освоенных. Здесь также целесообразно создавать инфраструктуру для рекреации и использования замещающих природных ресурсов.

Таким образом, одним из важнейших направлений стратегического планирования и управления агроландшафтами является определение перспективных направлений использования залежных земель России, в том числе как источника кормовых и иных природных ресурсов. Примером успешного ведения сельского и лесного хозяйства на староосвоенной периферии Нечерноземья является один из районов Вологодской области (Аверкиева, 2017).

Лесовосстановление на залежных землях и «Киотские плантации». В России наибольший вклад в суммарную величину площади перевода земель сельхозназначения в земли других категорий составляет **лесной фонд (90,6%)**; основная причина этому – зарастание неиспользуемых (бросовых) земель сельхозугодий кустарниковой и древесной растительностью и, соответственно, нецелесообразность повторного вовлечения залежей в активный сельхозоборот (Доклад ..., 2022, с. 20). При восстановлении лесных экосистем на залежных землях меняется направленность потоков углерода и, как правило, отмечается его накопление в почвах и растениях (Романовская и др., 2005; 2012; Сорокина, 2008; Кондратова, Абрамова, 2018; Гиниятуллин и др., 2019; Наквасина, Шумилова, 2021; Vesterdal et al., 2002; Poulton et al., 2003; и др.). Сегодня как никогда актуальны исследования по оценке современного потенциала наземных экосистем депонировать углерод, а также разработка научно-обоснованных мер по увеличению углеродпоглощающей ёмкости основных резервуаров биогенного цикла углерода.

В процессе естественного лесовосстановления происходит постепенная дифференциация старопахотной толщи по содержанию и запасам С, максимально выраженная в постагрогенных почвах лесов 90–100 лет. Примерно за 100 лет общий запас органического углерода (C_{org}) в лесной экосистеме на залежах Костромской области возрос в 7–9 раз при зарастании пахотных угодий, в 3,5 раза – при зарастании сенокосов (Рыжова и др., 2020). Результаты научных исследований на Пилотном Карбоновом полигоне «Угра» (Курганова и др., 2022) – территории для изучения биогеохимического цикла углерода в наиболее типичных экосистемах и выработки практических мер по контролю эмиссии и поглощения основных парниковых газов – подтвердили, что процесс лесовосстановления на бывших сельхозугодьях сопровождается активным накоплением углерода, аккумулированного в фитомассе древесной растительности. Превалирующим пулом углерода в лесных экосистемах, независимо от их возраста, является фитомасса древесных растений. Её запасы в лесных насаждениях 25–30-летнего возраста и смешанного леса превосходили суммарные запасы C_{org} в 50-см слое почв в 1,6 и 4 раза соответственно. Общие запасы углерода в смешанном лесу были в 3 раза выше, чем в 25–30-ти летних древостоях, свидетельствуя о том, что возраст лесных насаждений является ключевым фактором, определяющим суммарные запасы С в почве и фитомассе (Курганова и др., 2022). Следовательно, залежные земли, особенно в лесной зоне, являются мощными аккумуляторами углерода, играя тем самым важную роль в процессах глобального изменения климата.

По вопросам угрозы глобального изменения климата существует два важных международных соглашения: Конвенция ООН по изменению климата и Киотское соглашение, принятые в 1992 и 1997 годах соответственно. Цель данных соглашений – стабилизация и снижение концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне, который не приведёт к изменениям климата, усложняющим жизнь человека. Россия – одна из 180 стран мира, которая подписала и ратифицировала Конвенцию ООН по изменению климата (Красновидов и др., 2008). Согласно Киотскому соглашению, лес может считаться поглотителем CO_2 , если он удовлетворяет следующим критериям:

- ✓ является результатом человеческой деятельности;
- ✓ высажен после 1 января 1990 г.;
- ✓ выращен на земле, на которой до 01.01.1990 г. не произрастал.

Строго говоря, леса, формирующиеся на залежных землях России, не могут считаться искусственно выращенными, так как природа всё сделала за человека сама. Однако, если перевести «залежные леса» в земли лесного фонда, то управление ими (мониторинг, защита от пожаров и порубок и др.) может считаться человеческой деятельностью, направленной на формирование леса. Второму критерию удовлетворяют почти 15 млн га «залежных лесов» только на ЕТР, а учёт азиатской части страны позволяет добавить к этой цифре ещё порядка 5–6 млн га. С учётом того, что вся площадь Финляндии составляет около 22 млн га, роль залежей лесной зоны России, как участника Киотского соглашения, выглядит весьма внушительно (Люри и др., 2010, с. 350). И поскольку сжатие аграрных угодий в лесной зоне страны продолжается уже в течение длительного времени, в настоящий момент необходимы меры для перевода «лесных» залежей в так называемые «Киотские плантации». Узаконенное использование данной категории земель будет способствовать упорядочиванию землепользования в сельском хозяйстве страны, решению экологических и природоохранных мероприятий, а также выполнению ряда обязательств России по международным договорам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Россия, несмотря на северное положение на Евразийском континенте, располагает богатыми земельными и почвенными ресурсами, которые должны полнее и эффективнее использоваться в народном хозяйстве страны (прежде всего в сельском и лесном), включая стихийно возникшие в кризисный период страны 90-х годов XX века залежные земли. Повсеместная распашка залежных земель, мозаично разбросанных по всей территории страны и с высокой вероятностью расположения залежей на деградированных почвах, 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 (собирательство и заготовка ягод, грибов и лекарственных растений; охота; заготовка древесины), рекреационными и биосферными природными ресурсами; лесов-поглотителей парниковых газов («Киотские плантации»); для развития сельского туризма. Естественное лесовосстановление на залежных землях также важно с позиции экологической устойчивости сформировавшихся постагрогенных экосистем и оптимизации агроландшафтного земледелия.

Таким образом, вопрос дальнейшего использования залежных земель России, занимающих обширные территории и выведенные из активного сельскохозяйственного оборота, должен стать составной частью общей стратегии рационального управления земельными ресурсами, охраны почв и земель. Решение данного вопроса будет зависеть от экономического курса, социальных преобразований и экологической политики государства.

Обобщение знаний по распространению залежных земель России и агроэкологическому состоянию постагрогенных экосистем дают возможность учёным, землепользователям и широкому кругу специалистов в области оценки и охраны природных ресурсов прогнозировать процессы, происходящие в почвах и растениях в ходе постагрогенных сукцессий и принимать решения по рациональному использованию залежей.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № 121031700316-9).

ЛИТЕРАТУРА

- Аверкиева К.В. Симбиоз сельского и лесного хозяйства на староосвоенной периферии Нечерноземья: опыт Тарногского района Вологодской области // *Крестьяноведение*. 2017. Т. 2. № 4. С. 86–106. DOI: 10.22394/2500-1809-2017-2-4-86-106.
- 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. 405 с.
- 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. DOI: 10.31857/S2500262722060084.
- Амелин А.В., Казьмин В.М., Лысенко Н.Н., Брусенцов И.И., Рыжов И.А., Абакумов Н.И. Агрохимическое и фитосанитарное состояние полей, выведенных из сельскохозяйственного оборота Орловской области // *Плодородие*. 2013. № 6. С. 7–9.
- Анциферова О.А. Динамика растительности и свойств почв на молодых залежах Тамбовской равнины и Замландского полуострова. Калининград. Изд-во КГТУ, 2006. 315 с.
- Анциферова О.А. Динамика показателей плодородия на залежных землях Калининградской области // *Агрохимический вестник*. 2008. № 2. С. 2–3.
- Атутова Ж.В. Постаграрная трансформация геосистем Тункинской котловины (Республика Бурятия) // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2019. Т. 43. № 3. С. 232–242. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-232-242.
- 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. DOI: 10.7868/S0032180X17030029.

- Бобринев В.П., Пак Л.Н. Экологические условия возобновления леса на сельскохозяйственных землях в Забайкальском крае // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2015. № 7–1. С. 79–82. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6966> (дата обращения: 22.07.2023).
- Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Елисеева О.В. Органическое вещество и физические свойства постагрогенной эродированной дерново-подзолистой почвы в сравнении с пахотным аналогом // *Почвоведение*. 2022. № 7. С. 909–917. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070036>.
- Бугаевская В.В., Вершинин В.В., Мартынова Д.Ю. Цифровизация землеустройства на основе многофункциональной земельно-информационной системы и геоинформационных технологий: результаты инноваций и проблемы // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2023. № 1 (391). С. 4–7. DOI: [10.55186/25876740_2023_66_1_4](https://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_1_4).
- Булышева А.М., Хохлова О.С., Бакунович Н.О., Русаков А.В., Мякшина Т.Н. Изменение свойств почв залежного ряда Курской области и тренды восстановления постагрогенных почв лесостепной и степной зон // *Почвоведение*. 2021. № 8. С. 983–998. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21080049>.
- Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А., Киселева И.В. Динамика растительности и свойств почв залежных экосистем // *Теоретическая и прикладная экология*. 2020. № 3. С. 78–83. DOI: [10.25750/1995-4301-2020-3-078-083](https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-078-083).
- Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А. Агроэкологическое состояние почв и восстановление растительности в залежных экосистемах // *Биота и среда природных территорий*. 2022. Т. 10. № 2. С. 28–36. DOI: [10.37102/2782-1978_2022_2_3](https://doi.org/10.37102/2782-1978_2022_2_3).
- Владыченский А.С., Телесина В.М., Чалая Т.А. Влияние растительного опада на химические свойства и биологическую активность постагрогенных почв южной тайги // *Вестник Московского государственного университета (МГУ). Серия 17: Почвоведение*. 2012. № 1. С. 3–10.
- Галеева Л.П. Свойства почв солонцовых комплексов Барабы в агроценозе пашня–залежь // *Агрохимия*. 2020. № 7. С. 17–25. DOI: [10.31857/S0002188120070066](https://doi.org/10.31857/S0002188120070066).
- Гиниятуллин К.Г., Хузиева М.Р., Окунев Р.В., Смирнова Е.В. Текстура дифференциация старопахотных горизонтов разновозрастных залежных светло-серых лесных почв // *Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*. 2015. Т. 157. Кн. 3. С. 67–76.
- Гиниятуллин К.Г., Рязанов С.С., Смирнова Е.В., Латыпова Л.И., Рыжих Л.Ю. Использование геостатистических методов для оценки запасов органического вещества в залежных почвах // *Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*. 2019. Т. 161. № 2. С. 275–292. DOI: [10.26907/2542-064X.2019.2.275-292](https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.2.275-292).
- Голубев И.Г., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Состояние и перспективы вовлечения залежных земель в оборот // *Мелиорация*. 2021. № 3 (97). С. 67–74.
- Данилов Д.А., Зайцев Д.А., Вайман А.А., Иванов А.А. Состояние почвенного комплекса под спелыми древостоями сосны и ели на постагрогенных землях юго-запада Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2022. № 240. С. 84–98. DOI: [10.21266/2079-4304.2022.240.84-98](https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.240.84-98).
- Денисенко Е.А., Евстигнеев О.И., Коротков В.Н. Сукцессионные процессы в хвойно-широколиственных лесах восточной и центральной Европы с разной историей природопользования // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2002. № 6. С. 35–45.
- 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. DOI: [10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66](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.
- Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 384 с. <https://www.mcxas.ru/upload/iblock/859/85939bcfcc1153e193246538bf900ea0.pdf> (дата обращения 19.04.2023).
- Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 26 с.

- 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. Т. 44. № 3, С. 117–126. DOI: [10.15372/GIPR20230312](https://doi.org/10.15372/GIPR20230312).
- Ерёмин Д.И. Залечь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопахотных черноземов лесостепной зоны Зауралья // Плодородие. 2014. № 1 (76). С. 24–26.
- Захаренко В.А. Тенденции роста бросовых земель, изменения управления фитосанитарным состоянием агроэкосистем // 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. 97–110.
- Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 04.08.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2023).
- Зинякова Н.Б., Ходжаева А.К., Тулина А.С., Семенов В.М. Активное органическое вещество в серой лесной почве пахотных и залежных земель // Агрехимия. 2013. № 9. С. 3–14.
- Зыбалов В.С., Сергеев Н.С., Запечалов М.В. Результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Южного Урала // АПК России. 2020. Т. 27. № 1. С. 30–37.
- Иванов А.Л. Рациональное использование и охрана земельных (почвенных) ресурсов Российской Федерации // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 1. С. 7–10.
- 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. DOI: [10.25680/S19948603.2020.113.11](https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.11).
- 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. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070059>.
- Каштанов А.Н., Сизов О.А. Технология восстановления и использования 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. 174–183.
- Кирюшин В.И. Последствия земельной реформы и проблема оптимизации использования земельных ресурсов // 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. 80–86.
- Китов М.В., Цапков А.Н. Изменения площадей залежных земель на Европейской территории России за период 1990–2013 гг. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 15 (212). Вып. 32. С. 163.
- Ковалева Ю.П. Проблема инвентаризации залежных земель и пути её решения // 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. 307–309.
- Ковалева В.А., Денева С.В., Лаптева Е.М. Микробиологическая характеристика целинных и постагрогенных тундровых почв (на примере арктической зоны Республики Коми) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. Серия: Экологические исследования. 2020. № 5. С. 5–16. DOI: [10.17076/eco1162](https://doi.org/10.17076/eco1162).
- Ковалева В.А., Денева С.В., Виноградова Ю.А., Панюков А.Н., Лаптева Е.М. Влияние ландшафтных условий на функционирование микробных сообществ постагрогенных почв тундровой зоны // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 157–165. DOI: [10.25750/1995-4301-2022-3-157-165](https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-3-157-165).
- 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 22.07.2023)
- Красновидов А.Н., Осипов А.И., Чмыр А.Ф. Эффективный способ использования земель, выбывших из активного 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. 316–318.

- Кузнецова И.В., Тихонравова П.И., Бондарев А.Г. Изменение свойств залежных серых лесных почв // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1142–1150.
- Куликова Е.Г., Ефремова С.Ю. Мониторинг земель сельхозназначения выбывших из оборота // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Серия: Технические науки. Безопасность деятельности человека. 2017. № 01 (35). С. 71–79.
- Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О. Запасы органического углерода в почвах Российской Федерации: современные оценки в связи с изменением системы землепользования // Доклады Академии наук. 2009. Т. 426. № 1. С. 132–134.
- Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мостовая А.С., Овсепян Л.А., Телеснина В.М., Личко В.И., Баева Ю.И. Влияние процессов естественного лесовосстановления на микробиологическую активность постагрогенных почв европейской части России // Лесоведение. 2018. № 1. С. 3–23. DOI: [10.7868/S0024114818010011](https://doi.org/10.7868/S0024114818010011).
- 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. 2021а. № 3. С. 287–303. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030102>.
- 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. 2021б. № 9. С. 1061–1075. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21090045>.
- 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. Т. 5. № 2. С. e169. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>.
- Кутькина Н.В., Еремина И.Г. Восстановление плодородия каштановых почв в условиях залежи // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 4. С. 9–11.
- Леднев А.В., Дмитриев А.В. Современные почвообразовательные процессы в постагрогенных дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики // Почвоведение. 2021. № 7. С. 884–896. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X2107008X>.
- Ледовский Н.В., Абаимов В.Ф., Ходячих И.Н. Агрохимическая характеристика залежей степной зоны Южного Урала // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2012а. № 3 (3). С. 32–35.
- Ледовский Н. В., Абаимов В. Ф., Ходячих И. Н. Рудеральная флора залежных земель сухих степей Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2012б. № 3 (3). С. 36–41.
- Лисецкий Ф.Н., Смекалова Т.Н., Маринина О.А. Биогеохимические особенности разновременных залежей в степной зоне // Сибирский экологический журнал. 2016а. Т. 23. № 3. С. 436–448. DOI: [10.15372/SEJ20160314](https://doi.org/10.15372/SEJ20160314).
- Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Пичура В.И., Буряк Ж.А., Воробьева Е.Я. Эволюционные тренды в геохимии степных почв при их длительном сельскохозяйственном использовании // Российская сельскохозяйственная наука. 2016б. № 5. С. 32–36.
- Лопес де Гереню В.О., Курганова И.Н., Ермолаев А.И., Кузяков Я.В. Изменение пулов органического углерода при самовосстановлении пахотных черноземов // Агрохимия. 2009. № 5. С. 5–12.
- Люри Д.И., Горячкин С.В., Караванова 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.
- Мальшев А.В. Особенности воспроизводства почв на залежах в различных физико-географических условиях Белгородской области // Региональные геосистемы. 2021. Т. 45. № 1. С. 40–50. DOI: <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50>.
- Медведев И.Ф., Бузуева А.С., Губарев Д.И., Верин А.Ю. Особенности формирования эффективного плодородия почв под растительными ценозами агроландшафта // Успехи современного естествознания. 2018. № 5. С. 45–49. DOI: [10.17513/use.36753](https://doi.org/10.17513/use.36753).
- 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.

- Миндрин А.С. Организационно-экономические аспекты вовлечения в оборот сельскохозяйственных угодий // *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. 150–154.
- Морковкин Г.Г., Дёмина И.В. К оценке влияния сидератов и залежи на изменение плодородия чернозёмов выщелоченных в условиях умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* 2011. № 11 (85). С. 18–22.
- 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. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11184> (дата обращения 23.07.2023).
- Наквасина Е.Н., Шумилова Ю.Н. Динамика запасов углерода при формировании лесов на постагрогенных землях // *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал.* 2021. № 1 (379). С. 46–59. DOI: [10.37482/0536-1036-2021-1-46-59](https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-46-59).
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X20010128>.
- Орлова О.И. Борьба за землю: восстановление залежных земель // *Карельский научный журнал.* 2015. № 2 (11). С. 130–133.
- Папаскири Т.В., Семочкин В.Н., Позднякова Е.А., Набиев С.Р., Ананичева Е.П. Использование земель сельскохозяйственного назначения в целях развития сельского туризма // *Международный сельскохозяйственный журнал.* 2023. № 2 (392). С. 114–118. DOI: [10.55186/25876740_2023_66_2_114](https://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_2_114).
- Плеханова Л.Н., Потапова (Прохорова) А.В. Мониторинг целлюлазной активности почв как биологического индикатора восстановления залежей степного Зауралья после введения заповедного режима // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки.* 2014. Т. 19. № 5. С. 1335–1339.
- Попков А.П., Сорокина О.А. Влияние направления использования залежей на некоторые агрофизические свойства почв [Электрон. ресурс] // *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал.* 2023а. № 1. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_128.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202131128>.
- Попков А.П., Сорокина О.А. Влияние повторного освоения залежей на свойства почв в Красноярской лесостепи [Электрон. ресурс] // *АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал.* 2023б. № 2. Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_223.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202132223>.
- Приходько В.Е., Чевердин Ю.И., Титова Т.В. Изменение форм органического вещества черноземов Каменной степи при разном использовании, местоположении и увеличении степени гидроморфизма // *Почвоведение.* 2013. № 12. С. 1494–1504. DOI: [10.7868/S0032180X13120095](https://doi.org/10.7868/S0032180X13120095).
- Пуртова Л.Н., Киселева И.В., Бурдуковский М.Л. Состояние гумуса в некоторых типах залежных почв Приморья // *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН.* 2019. № 2. С. 46–54. DOI: [10.34078/1814-0998-2019-2-46-54](https://doi.org/10.34078/1814-0998-2019-2-46-54).
- Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв. Москва: ОГИЗ, 1947. 92 с.
- Романовская А.А. Органический углерод в почвах залежных земель России // *Почвоведение.* 2006а. № 1. С. 52–61.
- Романовская А.А. Аккумуляция углерода в болотных низинных почвах залежных земель Мурманской области // *Экология.* 2006б. № 6. С. 1–5.
- Романовская А.А., Гитарский М.Л., Карабань Р.Т., Назаров И.М. Роль залежных земель России в поглощении диоксида углерода из атмосферы // *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем.* 2005. Т. XX. С. 219–237.
- Романовская А.А., Коротков В.Н., Карабань Р.Т., Смирнов Н.С. Динамика элементов баланса углерода на неиспользуемых пахотных угодьях Валдайской возвышенности // *Экология.* 2012. № 5. С. 347–352.
- Русанов А.М., Тесля А.В. Изменение основных свойств степных черноземов как результат их постагрогенной трансформации // *Вестник Оренбургского государственного университета.* 2012. № 6. С. 98–102.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X20020100>.

- Савостьянов В.К. Консервация земель в аридной зоне // *Аграрная наука*. 2004. № 1. С. 14–16.
- Свинцов И.П., Кулик К.Н., Чмыр А.Ф. Леса на землях, выбывших из сельскохозяйственного оборота АПК России // *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. 166–173.
- 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. DOI: [10.36718/1819-4036-2020-8-49-56](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-49-56).
- Сорокина О.А. Трансформация серых почв залежей под влиянием соснового леса. Красноярск: КрасГАУ, 2008. 209 с.
- Сорокина О.А. Оценка запасов фитомассы и плодородия серых почв залежей // *Почвы и окружающая среда*. 2018. № 1 (3). С.170–179. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v1i3.40>.
- Сорокина О.А., Токавчук В.В., Фомина Н.В. Изучение серых лесных почв залежей в Красноярском крае // *Агрохимический вестник*. 2010. № 3. С. 4–8.
- Сорокина О.А., Токавчук В.В., Рыбакова А.Н. Постагрогенная трансформация серых почв залежей. Красноярск: КрасГАУ, 2016. 239 с.
- Степанцова Л.В., Красин В.Н., Гаврилов А.О. Влияние залежного состояния на физико-химические свойства и структуру чернозёма выщелоченного севера Тамбовской области // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2014. № 4 (4). С. 7–13.
- Суханов П.А. Земля и почва, почва и земля - двуединный ресурс? // *Агрохимический вестник*. 2020. № 3. С. 3–6. DOI: [10.24411/1029-2551-2020-10029](https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10029).
- Сычёв В.Г., Лунёв 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. 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.
- 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. DOI: [10.7868/S0032180X17120115](https://doi.org/10.7868/S0032180X17120115).
- 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>.
- Толстов С.И., Усольцева О.В. Поставьте памятник деревне... // *Крестьяноведение*. 2017. Т. 2. № 1. С. 173-180. DOI: [10.22394/2500-1809-2017-2-1-173-180](https://doi.org/10.22394/2500-1809-2017-2-1-173-180).
- Трушков А.В., Одабабян М.Ю., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Изменение содержания органического вещества в постагрогенных почвах Ростовской области // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2019. № 1. С. 53–57. DOI: [10.26178/AE.2019.94.88.009](https://doi.org/10.26178/AE.2019.94.88.009).
- Хитров Н.Б., Апарин Б.Ф., Карманов И.И., Булгаков Д.С., Молчанов Э.Н., Рожков В.А., Лойко П.Ф., Столбовой В.С. Сокращение пахотных угодий и посевных площадей в России, агроэкологическая оценка их состояния, перспективы дальнейшего использования, задачи нормативно правового и научного обеспечения рационального использования и охраны земель // *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. 14–29.
- Цветнов Е.В., Макаров О.А., Строков А.С., Цветнова О.Б. Роль почв в оценке деградации земель (обзор) // *Почвоведение*. 2021. №3. С. 363–371. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X21030163>.
- Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П. Состояние и пути рационального использования залежных земель в условиях Центрального Черноземья // *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. 184–191.

Шпедт А.А., Трубников Ю.Н. Гумусное состояние и рациональное использование почв залежных земель Приенисейской Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. 2017. Т. 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. DOI: 10.25680/5875.2018.40.67.120.

Щукин С.В., Голубева А.И., Дорохова В.И., Дугин А.Н. Рекомендации по вовлечению в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2018. № 1 (41). С. 87–98.

Якутина О.П., Данилова А.А., Нечаева Т.В. Комплексная оценка состояния залежных почв эродированного склона на юге Западной Сибири // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2022. № 1. С. 21–28. DOI: 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. DOI: 10.26178/AE.2019.30.72.002.

Alcantara C., Kuemmerle T., Prishchepov A.V., Radeloff V.C. Mapping abandoned agriculture with multi-temporal MODOS satellite data // *Remote Sensing of Environment*. 2012. Vol. 124. P. 334–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.05.019>.

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. Iss. 2. P. 104–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.005>.

Ioffe G., Nefedova T., Kirsten D.B. Land abandonment in Russia // *Eurasian Geography and Economics*. 2012. Vol. 53. Iss. 4. P. 527–549. DOI: <https://doi.org/10.2747/1539-7216.53.4.527>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>.

Li S., Li X. Global understanding of farmland abandonment: A review and prospects // *Journal of Geographical Sciences*. 2017. Vol. 27. Iss. 9. P. 1123–1150. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1426-0>.

Poulton P.R., Pye E., Hargreaves P.R., Jenkinson D.S. Accumulation of carbon and nitrogen by old arable land reverting to woodland // *Global Change Biology*. 2003. Vol. 9. Iss. 6. P. 942–955. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00633.x>.

Ramankutty N., Foley J.A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992 // *Global Biogeochemical Cycles*. 1999. Vol. 13. Iss. 14. P. 997–1027. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999GB900046>.

Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // *Forest Ecology and Management*. 2002. Vol. 169. Iss. 1–2. P. 137–147. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00304-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00304-3).

Поступила в редакцию 15.09.2023

Принята 24.10.2023

Опубликована 24.10.2023

Сведения об авторе:

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

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 LANDS IN RUSSIA: DISTRIBUTION, AGROECOLOGICAL STATUS AND PERSPECTIVE USE (A REVIEW)

© 2023 T. V. Nechaeva 

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

According to some estimations, over the 20th century (1897–2007) about 70 million hectares of agricultural land were abandoned in Russia. Part of this land became occupied by growing cities, industry and infrastructure. However, the major part, estimated as from 30–45 to more 60 million hectares, became truly abandoned, undergoing the natural processes of postagrogenic ecosystem restoration. Official recording of spontaneously abandoned areas during the country's crisis of the 1990s was never conducted. Therefore, currently it is difficult to estimate objectively the area occupied by abandoned lands and their soil and agroecological potential.

The aim of the work was to characterize the abandoned lands in Russia by reviewing published reports, as well as the author's own data, taking into account the spread of such lands and the agroecological condition, discussing the reasons for arable land abandonment and drawing the putative directions of their rational use. The article contains a table listing published (2006–2023) reports of soil and vegetation studies during postagrogenic successions on the abandoned lands in Russia.

Many researchers emphasize that to make a decision about ploughing once again abandoned lands, soil and vegetation at each site should be examined, and financial and other expenditures assessed. The mosaic of abandoned lands throughout the huge country may result in high probability of the degraded soil underlying such lands, which makes re-using such lands for ploughing and cropping not rational and can even be harmful due to facilitating various kinds of degradation. Abandoned lands can be relatively safely used for haying and grazing (fodder); for forestry with diverse resources and respective activities provided by the forest ecosystems, such as wood cutting, hunting, collecting berries, mushrooms and medicinal plants, and thus substituting the potential crop yields; for recreation or preserving the biosphere resources; for sequestration of greenhouse gases (so called Kyoto plantations) and for rural tourism. Thus, it is urgent to seek solutions differentiated in accordance with soil and vegetation status of abandoned lands, as well as with other natural and socio-economic factors.

Generalizing the information about the distribution and agroecological condition of the abandoned land in Russia enables researchers, land users and a broad range of specialists in natural resources assessment and preservation to forecast processes, occurring in soils and vegetation during postagrogenic successions and hence to make more scientifically and rationally justified decisions about the use of abandoned lands.

Key words: *postagrogenic ecosystems; natural restoration; natural resources; rational use of abandoned land*

How to cite: *Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review) // The Journal of Soils and Environment. 2023. 6(2). e215. DOI: [10.31251/pos.v6i2.215](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215). (in Russian with English abstract).*

FUNDING

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. 121031700316-9.

REFERENCES

- Averkiewa K.V. Symbiosis of agriculture and forestry on the early-developed periphery of the Non-black earth region: the case of the Tarnogsky district of the Vologda region. *Russian Peasant Studies*. 2017. Vol. 2. No. 4. P. 86–106. DOI: [10.22394/2500-1809-2017-2-4-86-106](https://doi.org/10.22394/2500-1809-2017-2-4-86-106). (in Russian).
- 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. 405 p. (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. DOI: [10.31857/S2500262722060084](https://doi.org/10.31857/S2500262722060084). (in Russian).
- Amelin A.V., Kaz'min V.M., Lysenko N.N., Brusentsov I.I., Ryzhov I.A., Abakumov N.I. Agrochemical and phytosanitary state of fields removed from agricultural production in the Orel oblast. *Plodorodie*. 2013. No. 6. P. 7–9. (in Russian).

- Antsiferova O.A. Dynamics of vegetation and soil properties in young fallow lands of the Tambov Plain and the Zamland Peninsula. Kaliningrad. Publishing House of KSTU, 2006. 315 p. (in Russian).
- Antsiferova O.A. Yield dynamics on fallow lands of the Kaliningrad region. *Agrochemical Herald*. 2008. No. 2. P. 2–3. (in Russian).
- Atutova Zh.V. Post-agrarian transformation of geosystems of the Tunkinskaya depression (Republic of Buryatia). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*. 2019. Vol. 43. No. 3. P. 232–242. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-3-232-242. (in Russian).
- Baeva Y.I., Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Kudayarov 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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229317030024>.
- Bobrinev B.N., Pak L.N. Environmental conditions for the resumption of forests on agricultural lands in the Trans-Baikal territory. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2015. No. 7–1. P. 79–82. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6966> (accessed on 22.07.2023). (in Russian).
- Borisov B.A., Efimov O.E., Eliseeva O.V. Organic matter and physical properties of postagrogenic eroded soddy-podzolic soil in comparison with the arable analogue. *Pochvovedenie*. 2022. No. 7. P. 909–917. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X22070036>. (in Russian).
- Bugaevskaya V.V., Vershinin V.V., Martynova D.Yu. Digitalization of land use planning based on a multifunctional land information system and geo-information technologies: innovation results and challenges. *International Agricultural Journal*. 2023. No. 1 (391). P. 4–7. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_1_4. (in Russian).
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229321080044>.
- Burdukovskii M.L., Perepelkina P.A., Kiseleva I.V. Dynamics of vegetation and soil properties of fallow ecosystems. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. No. 3. P. 78–83. DOI: [10.25750/1995-4301-2020-3-078-08](https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-3-078-08). (in Russian).
- 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. P. 28–36. DOI: [10.37102/2782-1978_2022_2_3](https://doi.org/10.37102/2782-1978_2022_2_3). (in Russian).
- Vladychensky A.S., Telesnina V.M., Chalaya T.A. Plant leaf-fall influence on biological activity of south taiga post-agrogenic soils. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie. (Moscow University Soil Science Bulletin)*. 2012. No. 1. P. 3–10. (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. DOI: [10.31857/S0002188120070066](https://doi.org/10.31857/S0002188120070066). (in Russian).
- Giniyatullin K.G., Khuzieva M.R., Okunev R.V., Smirnova E.V. Textural differentiation of the old arable horizons of uneven-aged fallow light-gray forest soils. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki (Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)*. 2015. Vol. 157. Book 3. P. 67–76. (in Russian).
- Giniyatullin K.G., Ryazanov S.S., Smirnova E.V., Latypova L.I., Ryzhikh L.Yu. Using Geostatistical Methods for Evaluating Organic Matter Reserves in Fallow Soils. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki (Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series)*. 2019. Vol. 161. Book 2. P. 275–292. DOI: [10.26907/2542-064X.2019.2.275-292](https://doi.org/10.26907/2542-064X.2019.2.275-292). (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).
- 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 lesotehniceskoy akademii*. 2022. No. 240. P. 84–98. DOI: [10.21266/2079-4304.2022.240.84-98](https://doi.org/10.21266/2079-4304.2022.240.84-98). (in Russian).
- Denisenko E.A., Evstigneev O.I., Korotkov V.N. Succession processes in coniferous-broad-leaved forests of eastern and central Europe. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2002. No. 6. P. 35–45. (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. DOI: [10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66](https://doi.org/10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66). (in Russian).

- 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).
- Report on the state and use of agricultural lands of the Russian Federation in 2020. Moscow: FGBNU «Rosinformagroteh», 2022. 384 p. <https://www.mcxac.ru/upload/iblock/859/85939bcfcc1153e193246538bf900ea0.pdf> (accessed on 19.04.2023). (in Russian).
- Doctrine of food security of the Russian Federation. Moscow: Rosinformagroteh Publ., 2020. 26 p. (in Russian).
- 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. DOI: [10.15372/GIPR20230312](https://doi.org/10.15372/GIPR20230312). (in Russian).
- Eremin D.I. fallowing 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).
- Land Code of the Russian Federation of 25.10.2001 N 136-FZ (ed. of 04.08.2023) (with amendments and additions, effective from 01.09.2023). (in Russian).
- Zinyakova N.B., Khodzhaeva A.K., Tulina A.S., Semenov V.M. Active organic matter in the gray forest soil of arable and fallow lands. *Agrokhimia*. 2013. No. 9. P. 3–14. (in Russian).
- 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. Rational use and protection of land (soil) resources in the Russian Federation. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2015. No. 1. C. 7–10. (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. DOI: [10.25680/S19948603.2020.113.11](https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.11). (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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229320070054>.
- Kashtanov A.N., Sizov O.A. Technology of restoration and utilization of lands retired from agricultural turnover. 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. 174–183. (in Russian).
- Kiryushin V.I. Consequences of land reform and the problem of optimization of land resources 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. 80–86. (in Russian).
- Kitov M.V., Tsapkov A.N. Assessment of the area of fallow land in the Belgorod region and other regions of European Russia for the period 1990–2013 years. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*. 2015. No. 15 (212). Iss. 32. P. 163. (in Russian).
- Kovaleva Y.P. Problem of inventory of fallow lands and ways of its 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. 307–309. (in Russian).
- Kovaleva V.A., Deneva C.V., Lapteva E.M. Microbiological characteristics of virgin and post-agrogenic tundra soils (example of the arctic zone of the Komi Republic). *Transactions of Karelian Research Centre of Russian Academy of Science*. 2020. No. 5. P. 5–16. DOI: [10.17076/eco1162](https://doi.org/10.17076/eco1162). (in Russian).

- Kovaleva V.A., Deneva S.V., Vinogradova Yu. A., Panjukov A.N., Lapteva E.M. The influence of landscape conditions on the functioning of microbial communities of postagrogenic soils of the tundra zone. *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 3. P. 157–165. DOI: [10.25750/1995-4301-2022-3-157-165](https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-3-157-165). (in Russian).
- 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 22.07.2023). (in Russian).
- Krasnovidov A.N., Osipov A.I., Chmyr A.F. Effective way of using the lands retired from active agricultural turnover. 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. 316–318. (in Russian).
- 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.
- Kulikova E.G., Efremova S.Yu. Monitoring of agricultural land retired from circulation. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus. Series: Engineering Sciences. Human activity safety*. 2017. No. 01 (35). P. 71–79. (in Russian).
- Kurganova I.N., Lopes De Gerenyu V.O. The stock of organic carbon in soils of the Russian Federation: updated estimation in connection with land use changes. *Doklady Biological Sciences*. 2009. Vol. 426. No 1. P. 219–221. DOI: [10.1134/S0012496609030089](https://doi.org/10.1134/S0012496609030089).
- Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Ovsepyan L.A., Lichko V.I., Mostovaya A.S., Telesnina V.M., Baeva Y.I. Effect of Reforestation on Microbial Activity of Postagrogenic Soils in European Russia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2018. Vol. 11. No. 7. P. 704–718. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1995425518070089>.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229321030108>.
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229321090040>.
- 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. Iss. 2. P. e169. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v5i2.169>. (in Russian).
- 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).
- Lednev A.V., Dmitriev A.V. Recent soil-forming processes in postagrogenic soddy-podzolic soils of the Udmurt Republic. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 7. P. 1119–1129. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229321070085>.
- Ledovsky N.V., Abaimov V.F., Khodyachikh I.N. Agrochemical characteristics of waste lands in South Ural steppe zone. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*. 2012a. No. 3 (3). P. 32–35. (in Russian).
- Ledovsky N.V., Abaimov V.F., Khodyachikh I.N. Waste lands' weed flora of dry steppes in Orenburg region. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. Electronic Scientific Journal*. 2012b. No. 3 (3). P. 36–41. (in Russian).
- Lisetskii F.N., Marinina O.A., Smekalova T.N. Biogeochemical features of fallow lands in the steppe zone. *Contemporary Problems of Ecology*. 2016a. Vol. 9. No. 3. P. 366–375. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1995425516030094>.
- Lisetskii F.N., Marinina O.A., Pichura V.I., Buryak Zh.A., Vorob'eva E.Ya. Evolutionary trend in geochemistry steppe soils at their long agricultural use. *Rossiiskaia Selskokhoziaistvennaia Nauka*. 2016b. No. 5. C. 32–36. (in Russian).
- Lopes de Gerenyu V.O., Kurganova I.N., Ermolaev A.M., Kuzyakov Ya.V. Changes in soil organic carbon pools during the restoration of arable soils. *Agrokhimia*. 2009. No. 5. P. 5–12. (in Russian).
- 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. DOI: <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-1-40-50>. (in Russian).
- Medvedev I.F., Buzueva A.S., Gubarev D.I., Verin A.Yu. Features of formation of effective fertility of soils under browning agrolandscape. *Advances in current natural sciences*. 2018. No. 5. P. 45–49. DOI: [10.17513/use.36753](https://doi.org/10.17513/use.36753). (in Russian).
- Miller G.F., Solovov 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).
- Mindrin A.S. Organizational and economic aspects of involvement of agricultural land in circulation. 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. 150–154. (in Russian).
- 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).
- Myasnikova M.A., Yermolaeva O.Y., Kazeev K.S., Kolesnikov S.I. Biological features of different age postagrogenic chernozems Rostov region. *Modern problems of science and education*. 2013. No. 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=11184> (accessed on 23.07.2023). (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. DOI: [10.37482/0536-1036-2021-1-46-59](https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-46-59). (in Russian).
- OVSEPYAN L.A., KURGANOVA I.N., LOPES DE GERENYU V.O., KUZUYAKOV 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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229320010123>.
- Orlova O.I. Struggle for the ground: restoration of laylands. *Karelian Scientific Journal*. 2015. № 2 (11). C. 130–133. (in Russian).
- Papaskiri T.V., Semochkin V., Pozdnyakova E.A., Nabiev S.R., Ananicheva E.P. Use of agricultural land for the development of rural tourism. *International Agricultural Journal*. 2023. No. 2 (392). P. 114–118. DOI: [10.55186/25876740_2023_66_2_114](https://doi.org/10.55186/25876740_2023_66_2_114). (in Russian).
- Plekhanova L.N., Potapova (Prokhorova) A.V. Soil cellulase activity monitoring as biological indicator of steppes Ural reservoirs recovering after protected mode introduction. *Tambov University Reports. Series Natural and Technical Science*. 2014. Vol. 19. No. 5. P. 1335–1339. (in Russian).
- Popkov A.P., Sorokina O.A. Influence of the direction of use of deposits on some agrophysical properties of soils. *AgroEcoInfo: Electronic science-productive magazine*. 2023a. № 1. DOI: <https://doi.org/10.51419/202131128>. (in Russian).
- Popkov A.P., Sorokina O.A. Influence of redevelopment of deposits on soil properties in the Krasnoyarsk forest-steppe. *AgroEcoInfo: Electronic science-productive magazine*. 2023b. № 2. DOI: <https://doi.org/10.51419/202132223>. (in Russian).
- Prikhod'ko V.E., Cheverdin Y.I., Titova T.V. Changes in the organic matter forms in chernozems of the Kamennaya steppe under different land uses, locations, and hydromorphism degrees. *Eurasian Soil Science*. 2013. Vol. 46. No. 12. P. 1230–1240. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229313120065>.
- Purtova L.N., Kiseleva I.V., Burdukovsky M.L. humus Condition in Some Fallow Soil Types in Primorye. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch*. 2019. No 2. P. 46–54. DOI: [10.34078/1814-0998-2019-2-46-54](https://doi.org/10.34078/1814-0998-2019-2-46-54). (in Russian).
- Rode A.A. Soil-forming process and evolution of soils. Moscow: OGIZ, 1947. 92 p. (in Russian).
- Romanovskaya A.A. Organic carbon in long-fallow lands of Russia. *Eurasian Soil Science*. 2006a. Vol. 39. No. 1. P. 44–52. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229306010066>.
- Romanovskaya A.A. Carbon accumulation in lowland bog soils of fallow lands in Murmansk oblast. *Russian Journal of Ecology*. 2006. Vol. 37. No. 6. P. 387–390. DOI: <https://doi.org/10.1134/S106741360606004X>.
- Romanovskaya A.A., Gitarsky M.L., Karaban R.T., Nazarov I.M. A role of abandoned land of Russia in the removal of carbon dioxide from the atmosphere. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modeling*. 2005. Vol. XX. P. 219–237. (in Russian).

- Romanovskaya A.A., Korotkov V.N., Karaban' R.T., Smirnov N.S. Dynamics of carbon balance components in fallow arable lands on the Valdai Upland. *Russian Journal of Ecology*. 2012. Vol. 43. No. 5. P. 373–377. DOI: <https://doi.org/10.1134/S106741361204011X>.
- Rusanov A.M., Teslja A.V. Modification of the basic properties of the steppe soil as a result of their postagrogennoj transformation. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2012. No. 6. P. 98–102. (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. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229320020106>. (in Russian).
- Savostianov V.K. Lands' preserving in arid zone. *Agrarian Science*. 2004. No. 1. P. 14–16. (in Russian).
- Svintsov I.P., Kulik K.N., Chmyr A.F. Forests on lands withdrawn from agricultural turnover of the agro-industrial complex of Russia 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. 166–173. (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. No. 8 (161). P. 49–56. DOI: [10.36718/1819-4036-2020-8-49-56](https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-8-49-56). (in Russian).
- Sorokina O.A. Transformation of gray soils of fallow lands under the influence of pine forest. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2008. 209 p. (in Russian).
- Sorokina O.A. Estimation of phytomass stock and gray soil fertility of abandoned land. *The Journal of Soils and Environment*. 2018. No. 1 (3). P. 170–179. DOI: <https://doi.org/10.31251/pos.v1i3.40>. (in Russian).
- Sorokina O.A., Tokavchuk V.V., Fomina N.V. Research of grey forest fallow soil in Krasnoyarsk region. *Agrochemical Herald*. 2010. No. 3. P. 4–8. (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).
- Stepantsova L.V., Krasin V.N., Gavrilov A.O. Effect of fallow state on physicochemical properties and structure of leached chernozem of the Tambov region north. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex-Healthy Food Products*. 2014. No 4 (4). P. 7–13. (in Russian).
- Sukhanov P.A. The earth and soil, soil and the earth - a two-uniform resource? *Agrochemical Herald*. 2020. No. 3. P. 3–6. DOI: [10.24411/1029-2551-2020-10029](https://doi.org/10.24411/1029-2551-2020-10029). (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).
- 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. V. 50. № 12. P. 1515–1534. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229317120109>.
- 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>.
- Tolstov S.I., Usoltseva O.V. "Put a monument to the village...". *Russian Peasant Studies*. 2017. Vol. 2. No. 1. P. 173–180. DOI: [10.22394/2500-1809-2017-2-1-173-180](https://doi.org/10.22394/2500-1809-2017-2-1-173-180). (in Russian).
- Trushkov A.V., Odabashyan M.Yu., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. The change in the content of organic matter in postagrogenic soils of Rostov region. *Agrochemistry and Ecology Problems*. (in Russian). 2019. No 1. P. 53–57. DOI: [10.26178/AE.2019.94.88.009](https://doi.org/10.26178/AE.2019.94.88.009). (in Russian).
- Khitrov N.B., Aparin B.F., Karmanov I.I., Bulgakov D.S., Molchanov E.N., Rozhkov V.A., Loiko P.F., Stolbovoy V.S. Reduction of arable land and sown areas in Russia, agro-ecological assessment of their condition, prospects for further use, tasks of normative legal and scientific support of rational use and protection of 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. 14–29. (in Russian).

Tsvetnov E.V., Makarov O.A., Stokov A.S., Tsvetnova O.B. The role of soils in land degradation assessment: a review. *Eurasian Soil Science*. 2021. Vol. 54. No. 3. P. 441–447. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229321030169>. (in Russian).

Cherkasov G.N., Masyutenko N.P. State and ways of rational use of fallow lands in the conditions of the Central Chernozem Region. 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. 184–191. (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. DOI: 10.25680/5875.2018.40.67.120. (in Russian).

Shchukin S.V., Golubeva A.I., Dorokhova V.I., Dugin A.N. Recommendation for involving idle agricultural lands into farm use. *Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald*. 2018. No. 1 (41). P. 87–98. (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. DOI: [10.26178/AE.2022.23.73.005](https://doi.org/10.26178/AE.2022.23.73.005). (in Russian).

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*. 2022. No. 1. P. 21–28. DOI: [10.26178/AE.2019.30.72.002](https://doi.org/10.26178/AE.2019.30.72.002). (in Russian).

Alcantara C., Kuemmerle T., Prishchepov A.V., Radeloff V.C. Mapping abandoned agriculture with multi-temporal MODOS satellite data. *Remote Sensing of Environment*. 2012. Vol. 124. P. 334–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.05.019>.

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. Iss. 2. P. 104–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.10.005>.

Ioffe G., Nefedova T., Kirsten D.B. Land abandonment in Russia. *Eurasian Geography and Economics*. 2012. Vol. 53. Iss. 4. P. 527–549. DOI: <https://doi.org/10.2747/1539-7216.53.4.527>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.016>.

Li S., Li X. Global understanding of farmland abandonment: A review and prospects. *Journal of Geographical Sciences*. 2017. Vol. 27. Iss. 9. P. 1123–1150. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1426-0>.

Poulton P.R., Pye E., Hargreaves P.R., Jenkinson D.S. Accumulation of carbon and nitrogen by old arable land reverting to woodland. *Global Change Biology*. 2003. Vol. 9. Iss. 6. P. 942–955. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00633.x>.

Ramankutty N., Foley J.A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*. 1999. Vol. 13. Iss. 14. P. 997–1027. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999GB900046>.

Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management*. 2002. Vol. 169. Iss. 1–2. P. 137–147. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00304-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00304-3).

Received 15 September 2023

Accepted 24 November 2023

Published 24 November 2023

About the author:

Nechaeva Taisia Vladimirovna – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); nechaeva@issa-siberia.ru

Исследования, посвящённые изучению почв и растительности в ходе постагрогенных сукцессий на залежных землях России¹

Субъект РФ ²	Хроноряды залежей на постагрогенных почвах ³	Название публикации	Ссылка на источник
I	II	III	IV
Центральный федеральный округ			
Белгородская область	Залежи 10, 30 и 40 лет на тёмно-серых лесных почвах в сравнении с пашней и коренным кленово-дубовым лесом (>100 лет). Здесь же рассмотрены залежи 6, 15, 30 лет и вторичный лиственный лес (60–65 лет) в сравнении с пашней на серых лесных почвах Московской области	Влияние процессов естественного лесовосстановления на микробиологическую активность пост-агрогенных почв европейской части России	Курганова и др., 2018*
	Залежи 10, 30 и 45 лет на тёмно-серых лесных почвах в сравнении с пашней и коренным дубовым лесом (>150 лет). Здесь же рассмотрены залежи 10 и 60 лет, некосимая степь и пашня на чернозёмах Курской области	Изменение денситометрического фракционного состава органического вещества почв лесостепной зоны в процессе постагрогенной эволюции	Овсепян и др., 2020*
	Залежи до 10, 10–30, 40–80 и более 80 лет в сравнении с пахотными участками на чернозёмах в лесостепной и степной зонах	Особенности воспроизводства почв на залежах в различных физико-географических условиях Белгородской области	Малышев, 2021
Воронежская область	Чернозёмы типичные и обыкновенные Каменной Степи под некосимой и косимой залежами	Изменение форм органического вещества чернозёмов Каменной степи при разном использовании, местоположении и увеличении степени гидроморфизма	Приходько и др., 2013*
Костромская область	Залежи 5, 10 лет и вторичный лес 35 лет на дерново-подзолистых почвах в сравнении с пашней и полновозрастным елово-берёзовым лесом	Влияние растительного опада на химические свойства и биологическую активность постагрогенных почв южной тайги	Владыченский и др., 2012
	Четыре хроноряда (от 2 до 140–150 лет) зарастающих участков пашни и сенокоса на дерново-подзолах, дерново-подзолистых и дерново-подзолистых глееватых почвах	Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления	Рыжова и др., 2020*
	Три хроноряда (от 2 до 100 лет) зарастающих сенокосных луга на дерново-подзолах и дерново-подзолистых почвах в южной тайге	Динамика свойств почв во взаимосвязи с растительностью при естественном постагрогенном зарастании сенокосов (Костромская область)	Телеснина, 2021
	Залежи 15, 20 и 45 лет на дерново-подзолах в сравнении с пашней и елово-берёзовым лесом (120 лет)	Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции	Курганова и др., 2021a*

I	II	III	IV
Центральный федеральный округ (продолжение)			
Курская область	Залежи 1, 4, 15, 32 и 58 лет на типичных чернозёмах в южной лесостепи	Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв	Люри и др., 2010
	Залежи 10, 25 и 50 лет на чернозёмах в сравнении с пашней и целиной. Здесь же обобщены результаты исследования почв залежных рядов в Белгородской, Ростовской и Липецкой областях	Изменение свойств почв залежного ряда Курской области и тренды восстановления постагрогенных почв лесостепной и степной зон	Булышева и др., 2021*
Московская область	Залежи 6, 15, 30 лет и вторичный лиственный лес 60 лет в сравнении с пашней на серых лесных почвах разной степени эродированности в хвойно-широколиственной зоне	Физические свойства и изменение запасов углерода серых лесных почв в ходе постагрогенной эволюции (юг Московской области)	Баева и др., 2017*
	Залежь 22 лет на дерново-подзолистой среднесмытой почве в сравнении с пахотным аналогом	Органическое вещество и физические свойства постагрогенной эродированной дерново-подзолистой почвы в сравнении с пахотным аналогом	Борисов и др., 2022
Орловская область	Залежи 12, 50, 55, 80–100 лет на серых лесных почвах в северной лесостепи	Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв	Люри и др., 2010
	20-летние залежи в трёх районах Орловской области с преобладанием в почвенном покрове чернозёмов (до 80%)	Агрохимическое и фитосанитарное состояние полей, выведенных из сельскохозяйственного оборота Орловской области	Амелин и др., 2013
Тамбовская область	Пашня и разные варианты залежи на чернозёмах выщелоченных: сенокосный луг, облесённый участок, некосимый заболоченный луг, поднятая 3 года назад залежь	Влияние залежного состояния на физико-химические свойства и структуру чернозёма выщелоченного севера Тамбовской области	Степанцова и др., 2014
Тульская область	Залежи 9–10 лет под луговым разнотравьем и 8–9 лет под молодым березняком в сравнении с пашней на серых лесных тяжелосуглинистых почвах	Изменение свойств залежных серых лесных почв	Кузнецова и др., 2009*
	Серая лесная почва под залежью и пашней с разными системами удобрений	Активное органическое вещество в серой лесной почве пахотных и залежных земель	Зинякова и др., 2013
Ярославская область	Анализ качественного состояния неиспользуемой пашни и расчеты на проведение работ по вовлечению всей площади неиспользуемых земель в целом по Ярославской области	Рекомендации по вовлечению в хозяйственный оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения	Щукин и др., 2018

I	II	III	IV
Северо-Западный федеральный округ			
Архангельская область	Залежи 10, около 20, 50, 90 и 140 лет на подзолах на песках в средней тайге	Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв	Люри и др., 2010
	Залежи 16, 25, 63 и 130 лет на остаточных-карбонатных почвах в средней подзоне тайги	Динамика запасов углерода при формировании лесов на постагрогенных землях	Наквасина, Шумилова, 2021
Калининградская область	Залежи 7–12 лет на дерново-подзолистых и бурых лесных почвах	Динамика показателей плодородия на залежных землях Калининградской области	Анциферова, 2008
Ленинградская область	Залежи под спелыми древостоями сосны и ели на бывших старопахотных почвах в двух контрастных ландшафтах	Состояние почвенного комплекса под спелыми древостоями сосны и ели на постагрогенных землях юго-запада Ленинградской области	Данилов и др., 2022
Мурманская область	Залежи 3, 6 и 8 лет на болотных низинных почвах	Аккумуляция углерода в болотных низинных почвах залежных земель Мурманской области	Романовская, 2006б*
Новгородская область	Залежи 1, 4, 5, 15, 17, 46, около 100 и 170 лет на подзолах на песках в южной тайге. Дополнительно залежи от 1 до 200 лет на суглинистых дерново-подзолистых почвах	Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв	Люри и др., 2010
	Залежи 16–18, 22–24 и 25–27 лет на дерновых, слабоподзолистых и скрытоподзолистых почвах, а также заброшенный сенокос, лесопосадка сосны и ели в сравнении с пашней	Динамика элементов баланса углерода на неиспользуемых пахотных угодьях Валдайской возвышенности	Романовская и др., 2012*
Псковская область	Залежи 3–5, 8, 15, 40, 100–130 лет на текстурно-метаморфических почвах на звонцовых глинах	Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв	Люри и др., 2010
Республика Коми	Залежь 14 лет на глееземе криометаморфическом в сравнении с почвой ненарушенной ерниково-ивняковой моховой тундры	Микробиологическая характеристика целинных и постагрогенных тундровых почв (на примере арктической зоны Республики Коми)	Ковалева и др., 2020
	Постагрогенные тундровые экосистемы с залежами 13, 14 и 16 лет на глееземах и аллювиальных гумусовых глееватых почвах, занимающих разное положение в ландшафте	Влияние ландшафтных условий на функционирование микробных сообществ постагрогенных почв тундровой зоны	Ковалева и др., 2022

I	II	III	IV
Южный федеральный округ			
Астраханская область	Залежи 1, 4 и 12 лет на светлокаштановых почвах в сухих степях, орошаемое земледелие; залежи 1, 6, 12 и 30 лет на светлокаштановых почвах и солонцах в сухих степях, богарное земледелие; залежи 1, 5, 8, 12 и 50 лет на бурых супесчаных почвах в полупустынях	Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв	Люри и др., 2010
	Залежи 8–9, 16–17 и 24–25 лет на аллювиально-луговых почвах	Сравнительный анализ водно-физических и агрохимических показателей почвы на разновозрастных залежах дельты Волги	Соколов, Соколова, 2020
Ростовская область	Залежи 5, 11, 21 и 77 лет на чернозёмах обыкновенных в сравнении с пашней	Изменение пулов органического углерода при самовосстановлении пахотных чернозёмов	Лопес де Генерю и др., 2009
	Залежи 17, 27 и 83 лет на чернозёмах обыкновенных в сравнении с пашней	Биологические особенности разновозрастных постагрогенных чернозёмов Ростовской области	Мясникова и др., 2013
	Залежи 3, 27 и 72 лет на чернозёмах обыкновенных	Изменение содержания органического вещества в постагрогенных почвах Ростовской области	Трушков и др., 2019
	Чернозёмы обыкновенные в первые годы залежного режима в сравнении с пахотным аналогом, старовозрастными залежами (30 и 75 лет) и целинным участком степи	Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозёма в первые 3 года залежного режима	Казеев и др., 2020*
Приволжский федеральный округ			
Кировская область	Залежи 2, 6, 14, 63 и 65 лет на дерново-подзолистых почвах на покровных суглинках в северной части подзоны южной тайги	Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв	Люри и др., 2010
Оренбургская область	Залежи 2–3, 5–6, 10–12, 15–16, 20–22 лет и целинный участок (сенокос) на чернозёмах южных в степной зоне	Агрохимическая характеристика залежей степной зоны Южного Урала	Ледовский и др., 2012а
	Залежь 17 лет и пашня на чернозёмах обыкновенных в степной зоне	Изменение основных свойств степных чернозёмов как результат их постагрогенной трансформации	Русанов, Тесля, 2012
Пензенская область	Залежи 2–3, 5–6, 10–12 и более 20 лет под луговой и лесной растительностью в разных хозяйствах Пензенской области	Мониторинг земель сельхозназначения выбывших из оборота	Куликова, Ефремова, 2017

I	II	III	IV
Приволжский федеральный округ (продолжение)			
Республика Татарстан	Залежи 2 и 70–75 лет на светло-серых лесных почвах в лесостепной зоне	Текстурная дифференциация старопахотных горизонтов разновозрастных залежных светло-серых лесных почв	Гиниятуллин и др., 2015
	Залежь 15 лет на светло-серой лесной почве	Использование геостатистических методов для оценки запасов органического вещества в залежных почвах	Гиниятуллин и др., 2019
Саратовская область	Залежь 35 лет, целина и пашня на чернозёмах южных	Особенности формирования эффективного плодородия почв под растительными ценозами агроландшафта	Медведев и др., 2018
Удмуртская Республика	Залежи до 5, 5–10, 10–20 и более 20 лет на дерново-подзолистых почвах в южно-таёжной зоне	Влияние периода зарастания на ботанический состав и продуктивность залежных земель	Дмитриев, Леднев, 2016
	Залежи до 10, 10–20 и более 20 лет в сравнении с пашней и лесом на дерново-подзолистых почвах, расположенных на различных звеньях катены в южно-таёжной зоне	Современные почвообразовательные процессы в постагрогенных дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики	Леднев, Дмитриев, 2021*
Уральский Федеральный округ			
Тюменская область	Залежи 5 и 15 лет в сравнении с пашней на чернозёме выщелоченном в лесостепной зоне	Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопахотных чернозёмов лесостепной зоны Зауралья	Ерёмин, 2014
Челябинская область	Залежи 8–20 лет в сравнении с целиной на чернозёмах степного Зауралья	Мониторинг целлюлазной активности почв как биологического индикатора восстановления залежей степного Зауралья после введения заповедного режима	Плеханова, Потапова (Прохорова), 2014
	Залежи 1–15 лет на чернозёмах выщелоченных и обыкновенных	Агроэкологическая оценка залежных почв Челябинской области	Денисов, 2016
	Залежи 2, 5 и 8 лет в сравнении с пашней и целиной на чернозёмах выщелоченных и оподзоленных	Результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Южного Урала	Зыбалов и др., 2020
Сибирский федеральный округ			
Алтайский край	Многолетняя залежь (9 лет) в сравнении с пашней (бессменная пшеница и зернопропашной севооборот с сидеральным паром) на чернозёмах выщелоченных	К оценке влияния сидератов и залежи на изменение плодородия чернозёмов выщелоченных в условиях умеренно засушливой и колючей степи Алтайского края	Морковкин, Дёмина, 2011

I	II	III	IV
Сибирский федеральный округ (продолжение)			
Красноярский край	Серые почвы чистых залежей, а также зарастающих лесом, используемых под сенокосы и повторно освоенных в пашню	Оценка запасов фитомассы и плодородия серых почв залежей	Сорокина, 2018
	Хроноряды залежей 5–20 лет на чернозёмах и тёмно-серых почвах в 9 административных районах Красноярского края	Тренды гумусного состояния залежных агропочв сельскохозяйственных ландшафтов Красноярского края	Шпедт, Трубников, 2018
	Чистые залежи, зарастающие сосновым лесом (до 20 лет) и повторно освоенные в пашню на чернозёме выщелоченном, тёмно-серой и тёмно-бурой пойменной почвах	Влияние направления использования залежей на некоторые агрофизические свойства почв	Попков, Сорокина, 2023а
Новосибирская область	Молодые залежи (до 4 лет) в сравнении с пашней на чернозёмах и серых лесных почвах	К вопросу об изменении некоторых свойств почв под молодыми залежами на территории Новосибирской области	Миллер и др., 2017
	Залежи 10 и 20 лет на почвах солонцового комплекса, использованные ранее в систематически удобряемой пашне зернопарового севооборота	Свойства почв солонцовых комплексов Барабы в агроценозе пашня – залежь	Галеева, 2020
	Залежь 27 лет в сравнении с пашней (длительно используемой и новоосвоенной) и целиной на чернозёмах оподзоленных	Влияние типа землепользования на физические свойства чернозёмов лесостепной зоны Западной Сибири	Курганова и др., 2021б
	Залежи 15 и 30 лет на чернозёмах оподзоленных и луговой чернозёмной почве в постэрозионной стадии самовосстановления	Комплексная оценка состояния залежных почв эродированного склона на юге Западной Сибири	Якутина и др., 2022
Омская область	Залежные земли в двух районах Омской области, представленные чернозёмно-луговыми, часто засоленными и солонцеватыми почвами, солончаками, солодями и солонцами	Состояние залежных земель степной зоны Омского Прииртышья и возможность их повторного введения в оборот	Аксенова, Гиндемит, 2022
Республика Тыва	Характеристика растительности в ходе постагрессивных сукцессий на чернозёмах обыкновенных и каштановых почвах залежей	Изменение чистой первичной продукции и восстановление запасов углерода в почвах залежей	Титлянова, Шибарева, 2022
Республика Хакасия	Залежи от 4 до 15 лет на каштановых почвах пастбищного использования в сравнении с целиной (степь)	Восстановление плодородия каштановых почв в условиях залежи	Кутькина, Еремина, 2011

I	II	III	IV
Дальневосточный федеральный округ			
Амурская область	Залежь 20 лет, лес и сенокос на бурозёмах в южной тайге	Особенности формирования тонких корней на различных стадиях восстановления постагрогенных экосистем в зоне южной тайги	Кондратова, Абрамова, 2018
	Залежи 5, 10 и 20 лет на бурозёмах в сравнении с лесом	Агроэкологическое состояние почв и восстановление растительности в залежных экосистемах	Бурдуковский, Перепелкина, 2022
Забайкальский край	Неиспользуемые сельскохозяйственные земли под естественными насаждениями сосны и лиственницы	Экологические условия возобновления леса на сельскохозяйственных землях в Забайкальском крае	Бобринев, Пак, 2015
Приморский край	Залежи на тёмно-гумусовых подбелах и аллювиальных серо-гумусовых почвах	Состояние гумуса в некоторых типах залежных почв Приморья	Пуртова и др., 2019
	Залежи 15, 20, 30 и 35 лет на тёмно-гумусовых подбелах и залежь 60 лет на аллювиальной серо-гумусовой почве в сравнении с пашней и коренным дубовым лесом	Динамика растительности и свойств почв залежных экосистем	Бурдуковский и др., 2020
Республика Бурятия	22 репрезентативных участка залежных угодий Тункинской котловины (Юго-Западное Прибайкалье)	Постаграрная трансформация геосистем Тункинской котловины (Республика Бурятия)	Атутова, 2019

Примечание.

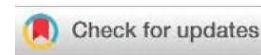
1 – Приведены литературные источники за 2006–2023 гг., включённые в данный обзор.

2 – Районы исследований представлены не во всех субъектах, входящих в федеральные округа РФ.

3 – Название почв приведено как в источнике, большинство по: Классификация и диагностика почв СССР, 1977.

* – Имеется переводная версия публикации на английский язык (см. раздел «References»).

УДК 631.4

<https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.212>**ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА НИНЫ ВЯЧЕСЛАВОВНЫ СЕМЕНДЯЕВОЙ**© 2023 Н. И. Добротворская 

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», ул. Плеханова, 10, г. Новосибирск, 630501, Россия. E-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

В статье приведены сведения о научной и педагогической деятельности заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Нины Вячеславовны Семендяевой. Дана краткая информация о ее деятельности в период работы в Сибирском научно-исследовательском институте земледелия и химизации сельского хозяйства и в Новосибирском государственном аграрном университете. Показан вклад ученого в изучение солонцовых почв Западной Сибири, их трансформации в результате химической мелиорации, подготовку школы молодых ученых в области рационального использования земель солонцовой зоны. Освещены направления исследований в области агрохимии и земледелия на засоленных почвах Западной Сибири.

Ключевые слова: Н.В. Семендяева; научная и педагогическая деятельность; химическая мелиорация солонцовых почв; антропогенные изменения свойств солонцов.

Цитирование: Добротворская Н.И. Памяти профессора Нины Вячеславовны Семендяевой // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e212. DOI: [10.31251/pos.v6i2.212](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.212)



Двадцать шестого июня 2023 года ушла из жизни Нина Вячеславовна Семендяева – профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, известный специалист в области почвоведения, агрохимии, химической мелиорации почв. Нина Вячеславовна родилась 13 июля 1942 года в селе Джегаристан Ахангарского района Ташкентской области Узбекской ССР в семье служащих. В 1959 году после окончания средней школы она поступила в Харьковский сельскохозяйственный институт на почвенно-агрохимический факультет, который закончила с отличием в 1964 году.

Получив диплом ученого агронома по специальности почвовед-агрохимик, Нина Вячеславовна поехала работать в г. Петропавловск (Северо-Казахстанский Казахская ССР) в Северо-Казахстанскую землеустроительную экспедицию, где занималась обследованием и картографированием целинных земель.

За годы, проведенные в экспедициях, Нина Вячеславовна получила большой опыт работы на засоленных землях, который впоследствии был использован ею в научных исследованиях.

В 1968 году Нина Вячеславовна поступает в аспирантуру Омского сельскохозяйственного института им. С.М. Кирова на кафедру почвоведения. Ее научными руководителями были Горшенин Константин Павлович и Градобоев Николай Дмитриевич. Нину Вячеславовну всегда отличала творческая активность и целеустремленность, в этот период ею было опубликовано несколько научных статей об особенностях генезиса солонцовых почв Сибири. В 1971 году она закончила аспирантуру с представлением диссертации на тему «Некоторые особенности природы мало- и многонариевых солонцов Омской области» (Семендяева, 1971), которую успешно защитила. После окончания аспирантуры Нина Вячеславовна продолжала работать на кафедре почвоведения в лаборатории мелиорации солонцов младшим, а затем старшим научным

сотрудником. В 1974 году она была приглашена на работу в Омскую областную агрохимическую лабораторию на должность начальника радиологического отдела, а в 1976 году прошла по конкурсу в Сибирское отделение ВАСХНИЛ на должность старшего научного сотрудника Сибирского научно-исследовательского института кормов.

В стране в этот период идет бурное развитие территорий на юге Западной Сибири и в Казахстане. В соответствии с государственной программой по освоению засоленных земель создаются новые научные направления и лаборатории. В 1980 году Нина Вячеславовна получает приглашение на должность заведующего лабораторией химической мелиорации почв в Сибирском научно-исследовательском институте земледелия и химизации сельского хозяйства. Она создает коллектив молодых исследователей, под ее руководством в нескольких районах Новосибирской области открываются длительные полевые опыты, охватывающие разнообразие условий солонцеобразования. Научные исследования ведутся в нескольких направлениях: генезис мало- и многонатриевых солонцов Западной Сибири (Семендяева, 1978; 1998; 2011а; Семендяева, Елизаров, 2017; Семендяева и др., 2019), особенности почвенного покрова солонцевой зоны (Семендяева, 2013), решаются вопросы химической мелиорации солонцовых почв и экологической безопасности мелиоративных приёмов (Семендяева, Жеронкина, 1988; Семендяева, Добротворская, 1991; Семендяева и др., 2022). Ведутся аспирантские исследования по технологии мелиоративных работ: поиск оптимальных доз и видов мелиорантов (Семендяева, Попова, 1979; Семендяева и др., 1993), изучаются питательный режим солонцовых почв и агрохимические приемы его улучшения (Семендяева, Аверкина, 1990), агротехнические приемы мелиорации, виды почвообработки (Семендяева и др., 1982), типы севооборотов на солонцах, фитомелиорация. Широкий охват проблемы рационального использования солонцовых почв Западной Сибири, ее организаторский талант позволили Нине Вячеславовне создать школу молодых специалистов: под руководством Нины Вячеславовны защищено несколько кандидатских диссертаций. В 1982 году Нине Вячеславовне присвоено звание старшего научного сотрудника по специальности «Мелиорация и орошаемое земледелие», в 1985 году она защищает докторскую диссертацию в Харьковском сельскохозяйственном институте на тему «Солонцы лесостепной зоны Западной Сибири (на примере Омской и Новосибирской областей)» (Семендяева, 1985) и получает звание профессора по специальности «Агрочвоведение и агрофизика». Этот период жизни характеризуется чрезвычайно высокой публикационной активностью, ею опубликовано множество статей, монографии и главы в коллективных монографиях, научно-методические рекомендации (Федоткин и др., 1988; Семендяева, 2002; Семендяева, Добротворская, 2005; Семендяева, 2011б; Семендяева и др., 2017).

Большое место в ее деятельности занимает пропаганда результатов научных исследований, она является инициатором проведения и участником нескольких научных и научно-практических конференций и семинаров регионального и всесоюзного уровня. Так в рамках Всесоюзного научно-технического совещания «Пути повышения продуктивности солонцовых земель», проходившего в г. Новосибирске в 1986 году, были продемонстрированы опыты по химической и агротехнической мелиорации солонцовых комплексов, заложенные под руководством Нины Вячеславовны в совхозе «Кабинетный» Чулымского района Новосибирской области.

В 1995 году Нина Вячеславовна прошла по конкурсу и заключила контракт на должность профессора кафедры почвоведения и агрохимии Новосибирского государственного аграрного университета, оставаясь сотрудником по совместительству в СибНИИЗиХ. В своей педагогической деятельности Нина Вячеславовна продолжает работу по пропаганде и реализации научных знаний среди многочисленных магистрантов и аспирантов. Ею подготовлено несколько учебно-методических пособий и рекомендаций по дисциплине «Почвоведение» (Семендяева и др., 2006; 2011). В 1996 году ей присвоено звание «Ветеран труда» и почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации».

До последних дней Нина Вячеславовна продолжала активную научно-исследовательскую и педагогическую деятельность. Ею опубликовано 275 научных работ, в том числе монографий, учебных пособий, рекомендаций, статей и докладов, подготовлено и защитилось 14 кандидатов наук и один доктор. Она длительное время являлась членом двух специализированных диссертационных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций, обеспечивая высококвалифицированную экспертизу представленных научно-исследовательских работ.

Нина Вячеславовна являлась активным членом Всесоюзного, а затем Российского общества почвоведов имени В.В. Докучаева, поддерживая обширные профессиональные связи с коллегами

из других регионов страны. Ее знали, к ней обращались за советом производственники, агрономы и руководители сельскохозяйственных предприятий. Нину Вячеславовну отличали высокая интеллигентность, исключительная доброжелательность в отношении с людьми, оптимизм. Душевная теплота по отношению к молодежи всегда привлекали к ней студентов, дипломников, магистрантов.

Отдавая дань уважения и почтения, выражаем слова благодарности Нине Вячеславовне, как учителю, коллеге и другу. Светлая память о ней навсегда сохранится в наших сердцах, а ее дело продолжится в трудах многочисленных учеников.

ЛИТЕРАТУРА

- Семендяева Н.В. Некоторые особенности природы мало- и многонатриевых солонцов Омской области. Автореферат диссертации ... кандидата сельскохозяйственных наук. Омск, 1971. 26 с.
- Семендяева Н.В. Эффективность гипсования малонатриевых солонцов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1978. № 5. С. 62–66.
- Семендяева Н.В. Солонцы лесостепной зоны Западной Сибири и их мелиорация: на примере Омской и Новосибирской областей. Автореферат диссертации ... доктора сельскохозяйственных наук. Харьков, 1985. 32 с.
- Семендяева Н.В. Химическая мелиорация гидроморфных солонцов Западной Сибири // Почвоведение. 1998. № 8. С. 974–979.
- Семендяева Н.В. Свойства солонцов Западной Сибири и теоретические основы химической мелиорации. Новосибирск: Редакционно-полиграфическое объединение СО РАСХН, 2002. 160 с.
- Семендяева Н.В. Агроэкологические особенности процессов солепередвижения в солонцах Барабинской низменности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2011а. № 9–10 (222). С. 12–18.
- Семендяева Н.В. Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири. Новосибирск: НГАУ, 2011б. 168 с.
- Семендяева Н.В. Состояние почвенного покрова Новосибирской области, его настоящее и будущее // Инновации и продовольственная безопасность. 2013. № 1 (1). С. 143–149.
- Семендяева Н.В., Аверкина С.С. Эффективность удобрений на солонцовых почвах // Агрехимия. 1990. № 3. С. 62–69.
- Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Галеев Р.Ф. Влияние возрастающих доз мелиорантов и удобрений на плодородие солонцов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1993. № 2. С. 74–80.
- Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Мармулев А.Н. Изучение почв в поле: учебно-методическое пособие. Новосибирск: НГАУ, 2006. 53 с.
- Семендяева Н.В., Добротворская Н.И. Экологические требования при мелиорации солонцов // Земледелие. 1991. № 11. С. 63–66.
- Семендяева Н.В., Добротворская Н.И. Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири. Новосибирск: Сибирское отделение Российской академии сельскохозяйственных наук, 2005. 156 с.
- Семендяева Н.В., Добротворская Н.И., Елизаров Н.В. Вторичное засоление химически мелиорированных солонцов и его последствия // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1373–1382. DOI: 10.1134/S0032180X19110091.
- Семендяева Н.В., Елизаров Н.В. Солевой состав грунтовых вод и длительно мелиорированных солонцов Барабы // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1220–1228. DOI: 10.7868/S0032180X17100100.
- Семендяева Н.В., Елизаров Н.В., Галеева Л.П., Коробова Л.Н. Длительность действия химической мелиорации на свойства солонцов Барабинской равнины. Новосибирск: Золотой колос, 2017. 190 с.
- Семендяева Н.В., Жеронкина Л.А. Влияние фтора и фосфора на урожай и химический состав овса, возделываемого на солонцах // Агрехимия. 1988. № 4. С. 57–63.
- Семендяева Н.В., Мармулев А.Н., Добротворская Н.И. Методы исследования почв и почвенного покрова / учебное пособие. Новосибирск: НГАУ, 2011. 202 с.
- Семендяева Н.В., Морозова А.А., Добротворская Н.И., Елизаров Н.В. Микроэлементы первого класса опасности в почвах засоленных агроландшафтов северо-восточной части Барабинской равнины // Инновации и продовольственная безопасность. 2022. № 1 (35). С. 56–65. DOI: 10.31677/2311-0651-2022-35-1-56-65.

Семендяева Н.В., Носов Д.П., Пыльник П.А. Внутрипочвенное внесение мелиорантов на солонцах Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1982. № 1. С. 49–53.

Семендяева Н.В., Попова Л.М. Использование фосфогипса-полугидрата для мелиорации солонцов Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1979. № 5. С. 55–60.

Федоткин В.А., Скипин Л.Н., Бородин А.И., Пуртов Г.М., Хусаинов А.Т., Семендяева Н.В., Бородин М.Ф. Мелиорация и использование солонцов в Тюменской области / Рекомендации. Новосибирск: Редакционно-полиграфическое объединение Сибирского отделения Всесоюзной ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Академии сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина, 1988. 44 с.

Поступила в редакцию 07.08.2023

Принята 09.08.2023

Опубликована 15.08.2023

Сведения об авторе:

Добровторская Надежда Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры кадастра и территориального планирования ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (Новосибирск, Россия); dobrotvorskaya@mail.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/)

IN MEMORIAM OF PROFESSOR NINA VYACHESLAVOVNA SEMENDYAEVA

© 2023 N. I. Dobrotvorskaya 

Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia. E-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

The article informs about the research and pedagogical activity of the Researcher Emeritus of the Russian Federation, the Doctor of Agricultural Sciences, professor Nina Vyacheslavovna Semendyaeva, describing her work in the Siberian Research Institute of Agriculture and Chemicalization of Agriculture and in the Novosibirsk State Agrarian University. Professor Semendyaeva N.V. made a notable contribution to the studies of the West Siberian solonetzic soils and their transformation due to chemical melioration. Professor Semendyaeva N.V. also devoted much time to educating young scientists in the field of the rational use of soils in solonetz areas. The article also presents other areas of salinized soil research that Semendyaeva N.V. also pursued during her long and productive career.

Key words: *N.V. Semendyaeva; scientific and pedagogical activity; chemical melioration of solonetz soils; anthropogenic changes of solonetz properties.*

How to cite: *Dobrotvorskaya N.I. In memoriam of Professor Nina Vyacheslavovna Semendyaeva // The Journal of Soils and Environment. 2023. 6(2). e212. DOI: [10.31251/pos.v6i2.212](https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.212)*

REFERENCES

Semendyaeva N.V. Some peculiarities of the nature of low- and multi-sodium solonchaks of the Omsk region. Abstract of Dissertation ... Cand. of Agricultural Science. Omsk, 1971. 26 p. (in Russian).

Semendyaeva N.V. Efficiency of gypsuming low-sodium black alkali soils. Siberian Herald of Agricultural Science. 1978. No. 5. P. 62–66. (in Russian).

Semendyaeva N.V. Solonchaks of forest-steppe zone of West Siberia and their melioration: on the example of Omsk and Novosibirsk regions. Abstract of Dissertation ... Doctor of Agricultural Science. Kharkov, 1985. 32 p. (in Russian).

Semendyaeva N.V. Chemical melioration of hydromorphic solonchaks in Western Siberia. Eurasian Soil Science. 1998. Vol. 31. No. 8. P. 883–888.

Semendyaeva N.V. Properties of solonchaks of West Siberia and theoretical bases of chemical reclamation. Novosibirsk: Editorial and printing association of the Siberian Branch of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2002. 160 p. (in Russian).

Semendyaeva N.V. Agro-ecological features of salt movement processes in solonchak soils of Barabinskaya lowland. Siberian Herald of Agricultural Science. 2011a. No. 9–10 (222). P. 12–18. (in Russian).

- Semendyaeva N.V. Influence of agricultural use on soil properties of Western Siberia. Novosibirsk: NSAU Publ., 2011b. 168 p. (in Russian).
- Semendyaeva N.V. Condition of the soil cover of the Novosibirsk region of its present and future. Innovations and food safety. 2013. No. 1 (1). P. 143–149. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Averkina S.S. Effectiveness of fertilizers on solonets soils. Agrokhimia. 1990. No. 3. P. 62–69. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Galeeva L.P., Galeev R.F. The effect of increasing doses of meliorants and fertilisers on the nutritive regime of the root inhabiting layer of meadow solonetz. Siberian Herald of Agricultural Science. 1993. No. 2. P. 74–80. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Galeeva L.P., Marmulev A.N. Study of soils in the field: textbook. Novosibirsk: NSAU Publ., 2006. 53 p. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Dobrotvorskaya N.I. Ecological requirements for reclamation of solonts. Zemledelie. 1991. No. 11. P. 63–66. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Dobrotvorskaya N.I. Theoretical and practical aspects of chemical amelioration of solonts of West Siberia. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2005. 156 p. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Dobrotvorskaya N.I., Elizarov N.V. Secondary salinization of reclaimed solonetz and its aftereffect. Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 11. P. 1429–1438. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229319110097>.
- Semendyaeva N.V., Elizarov N.V. Salt composition of groundwater and reclaimed solonetz in the Baraba lowland. Eurasian Soil Science. 2017. Vol. 50. No. 10. P. 1177–1185. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229317100106>.
- Semendyaeva N.V., Elizarov N.V., Galeeva L.P., Korobova L.N. Duration of the action of chemical reclamation on the properties of solonts of the Barabinsk Plain. Novosibirsk: Zolotoy Kolos publ., 2017. 190 p. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Zheronkina L.A. Effect of fluorine and phosphorus on yield and chemical composition of oats cultivated on solonets soils. Agrokhimia. 1988. No. 4. P. 57–63. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Marmulev A.N., Dobrotvorskaya N.I. Methods of research of soils and soil cover. Novosibirsk: NSAU, 2011. 202 p. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Morozova A.A., Dobrotvorskaya N.I., Elizarov N.V. The trace elements of the 1-st class of hazard in soils of saline agro-landscapes in the north-eastern part of the Baraba plain. Innovations and food safety. 2022. No. 1 (35). P. 56–65. (in Russian). DOI: 10.31677/2311-0651-2022-35-1-56-65.
- Semendyaeva N.V., Nosov D.P., Pyl'nik P.A. Soil application of ameliorants on solonets of Western Siberia. Siberian Herald of Agricultural Science. 1982. No. 1. P. 49–53. (in Russian).
- Semendyaeva N.V., Popova L.M. Using of phosphogypsum-semihydrate for reclaiming alkali soils of Siberia. Siberian Herald of Agricultural Science. 1979. No. 5. P. 55–60. (in Russian).
- Fedotkin V.A., Skipin L.N., Borodin A.I., Purtov G.M., Khusainov A.T., Semendyaeva N.V., Borodin M.F. Reclamation and use of solonts in Tyumen region / Recommendations. Novosibirsk: Editorial and Printing Association of the Siberian Branch of the V.I. Lenin Academy of Agricultural Sciences, 1988. 44 p. (in Russian).

Received 07 August 2023

Accepted 09 August 2023

Published 15 August 2023

About the author:

Dobrotvorskaya Nadezhda Ivanovna – Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Professor of the Chair of Cadaster and Territorial Planning, Siberian State University of Geosystems and Technologies (Novosibirsk, Russia); dobrotvorskaya@mail.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/)