

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова»

II НИКИТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ  
В ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ»

**МАТЕРИАЛЫ**

Международной научной конференции,  
посвященной первому профессору почвоведения на Урале, заведующему  
кафедрой почвоведения (1924-1932) Василию Васильевичу Никитину,  
100-летию первой кафедры почвоведения на Урале,  
140-летию науки почвоведения  
(Пермь, 14-17 ноября 2023 года)

II NIKITINSKIYE READINGS  
«TOPICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE, AGRO-CHEMISTRY, AND ECOLOGY IN  
NATURAL AND ANTHROPOGENIC LANDSCAPES»

*Proceedings of international scientific conference*

The Conference is dedicated to Vasily Vasilyevich Nikitin, the first professor of Soil  
Science in the Urals and the Head of the Soil Science Department (1924-1932),  
the 100th anniversary of the first Soil Science Department in the Urals,  
and the 140th anniversary of Soil Science  
(Perm, 14 – 17 November 2023)

Пермь  
2023

УДК 631.4  
ББК 40.3  
В 872

*Редакционная коллегия:*

И.А. Самофалова (отв. редактор), Е.С. Лобанова (отв. секретарь),  
А.А. Васильев, А.Н. Чашин, Н.В. Кылосова

В 872 II Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах», Международная научная конференция (14-17; 2023; Пермь). Материалы Международной научной конференции II Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах» [посвящ. Первому проф. почвовед. на Урале, зав. каф. почвоведения (1924-1932) В. В. Никитину, а также 100-летию первой кафедры почвоведения на Урале, 140-летию науки почвоведения], 14-17 ноября 2023 г. – Пермь : Издательство «ОТ и ДО», 2023. – 632 с. ; 29 см. – В надзаг.: М-во науки и высшего образования РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова». – Библиогр. в конце ст. – 60 экз. – ISBN 978-5-4367-0277-3.– Текст : непосредственный.

Представлены доклады Международной научной конференции II НИКИТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ, посвященной актуальным проблемам почвоведения, агрохимии и экологии. В работе конференции принимали участие ученые, преподаватели, аспиранты и студенты российских и зарубежных вузов, сотрудники научно-исследовательских учреждений, особо охраняемых природных территорий и производственных предприятий. Рассмотрены вопросы генезиса, диагностики, классификации и эволюции почв естественных, агрогенных, городских и техногенных ландшафтов, пространственной неоднородности почв и мультидисциплинарные аспекты почвоведения. Особое внимание уделено проблеме создания Красной книги почв, природоохранной деятельности, охране почв, оценке земель, управлению земельными ресурсами в различных регионах России и зарубежных стран. Рассмотрены вопросы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий, трансформации и деградации почвенного покрова городов, определения индикаторов химического загрязнения почв, почвообразования в техногенных ландшафтах. На конференции обсуждалось применение современных цифровых технологий и математического моделирования в почвоведении, агрохимии, экологии, а также вопросы истории, социологии почвоведения и международного сотрудничества.

Материалы докладов представляют интерес для ученых, преподавателей, аспирантов, студентов вузов, сотрудников научно-исследовательских организаций, производственных предприятий, а также для специалистов сельского хозяйства и природоохранных организаций и учреждений.

УДК 631.4  
ББК 40.3  
ISBN 978-5-4367-0277-3

© Издательство «ОТ и ДО», 2023

## СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

## SECTION 6. ECOLOGY OF SOILS

---

УДК 334.02 : 631.4

### **КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ И ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ УГЛЕРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ**

Е.В. Абакумов, М.А. Макарова, Е.В. Шевченко, Е.Ю. Чебыкина, Т.И. Низамутдинов  
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: e.abakumov@bio.spbu.ru

*Аннотация.* Обсуждается проблема методологии и метрологии параметров, используемых для идентификации и монетизации углеродных экосистемных услуг почв карбоновых полигонов бореальных таежно-лесных экосистем. Описывается идеология и практический функционал карбонового полигона бореальной зональной экосистемы. Приведена предварительная характеристика карбонового полигона «Ладога» (Ленинградская область).

*Ключевые слова:* почвы, органическое вещество, карбоновые полигоны, экосистемные услуги.

Сегодня весь Мир и Россия стоят перед глобальными вызовами в отношении изменений климата. В составе наземных и водных экосистем России находится крупнейший резервуар органического углерода, трансформация которого в результате изменения климата способна привести к деградации существенной части ландшафтов и экосистем, включая, причем не только природные, но и урбанизированные и техногенные экосистемы, т.е. места преимущественного обитания человека. Бореальные и полярные экосистемы России – важнейший регулятор климата и биогеохимического состава биосферы. Газовое состояние атмосферы все более и более сильно влияет на качество жизни населения как через качество окружающей природной среды, так и через экономические эффекты. Газовое состояние атмосферы зависит от промышленных источников углекислого газа, от антропогенно-индуцированной эмиссии (агроландшафты, пожары, потери при внесении удобрений и т. п.) и от природных процессов эмиссии-стабилизации органических соединений. При этом параметры углеродного цикла в общестрановом масштабе оценены весьма приблизительно, хотя подобные работы ведутся в разных аспектах в течение многих лет и локализованы в различных регионах. Во многом, это связано со слабой проработанностью методик полевых оценок и математического моделирования динамики органических соединений, а также с сильной кластеризацией фактических измерений, которые используются для экстраполяции данных на огромные территории.

Вопросы стабилизации пулов углерода в наземных и водных экосистемах становятся все более и более актуальными для прикладной экологии и системы углеродного рынка, при этом наибольшая эффективность подобных исследований достигается при комплексном, междисциплинарном подходе. Ключевыми задачами функционирования карбоновых полигонов являются метрологические исследования и мониторинговые краткосрочные и долговременные наблюдения.

В качестве параметров, измеряемых на полигонах, обсуждение воспроизводимости измерения которых является приоритетным, можно перечислить следующие: (1) содержание углерода органических соединений в мелкоземной почве (gravimetric concentrations, %,  $g\ kg^{-1}$ ), (2) оценка степени молекулярной окисленности-восстановленности органического вещества с различным балансом атомов кислорода и водорода в составе для разработки адекватных номограмм пересчета углерода, определенного по бихроматной окисляемости и прямым методом сухого сжигания, (3) запасы углерода (волюметрические концентрации) в органической и неорганической формах в общей массе почвы, включая мелкозем и скелетную фракцию (это особенно важно в связи с обычным недоучетом скелетной фракции почв в общем объеме при расчете запасов), количественная характеристика данного показателя крайне необходима для балансовых расчетов и различных видов моделирования, (4) оценка количества и фракционного состава опада фитоценозов с помощью стационарных опадометров, опад с которых собирается ежемесячно, сортируется на отдельно учитываемые фракции, в настоящее время в России практически не осталось подобных регулярных наблюдений, (5) создание унифицированных баз данных о содержании и запасах углерода органических соединений в почвах различных административных и физико-географических единиц с учетом специфики методик учета первичных данных и последующее достижение повышения точности репрезентативности данных, (6) оценка кинетических параметров стабилизации органического вещества для прогноза потенциальной эмиссии и эрозионных потерь в инвариантных биоклиматических сценариях и в разнонаправленных сценариях антропогенного воздействия на почвенный и растительный покров, а также для калибровки существующих имитационных моделей трансформации и аккумуляции органического вещества. (7) возвращение к относительно забытым лизиметрическим методам учета растворенного органического природного вещества с целью оценки потенциальных потерь из наземных экосистем и транслокации углеродсодержащих веществ в геохимически подчиненные позиции, (8) включение в схемы мониторинга системы органического вещества органических компонентов техногенного и пирогенного происхождения, его концентрации могут быть гораздо ниже концентраций природного органического вещества, но при этом быть гораздо более биохимически активны, включая, например, канцерогенный эффект, (9) решение вопроса с морфологическими формами гумуса – учет и недоучет подстилочного и тонкодисперсного органического вещества подстилок в общем балансе

почвенного углерода экосистемы, морфологический анализ степени стабилизации органического вещества, в том числе, его связей с минеральными компонентами, (10) анализ запасов и качества органического вещества в полигенетических почвенно-литологических образованиях, что особенно важно в случае проявления синлитогенных форм педогенеза, адекватная оценка погребенных форм углерода необходима для более точной оценки запасов, оценки которых, предположительно, могут значительно увеличиться.

В целом же, существует большое количество проблем и вопросов, которые связаны с экологической метрологией углеродного (карбонового) цикла (единство и гармонизация методов измерения параметров цикла, пути наполнения баз данных и интерпретация их содержания).

Возникает потребность в метрологическом обосновании углеродных единиц, которые необходимы для оценки и монетизации экосистемных услуг, связанных с углеродом, а также для бонитировки компартментов окружающей природной среды на региональном и макроландшафтном уровне. Остро стоит вопрос четкого определения понятия «углеродная единица», карбоновых компенсаций и запасов углерода в отдельных частях углеродной цепи. Формирование сети карбоновых полигонов сможет создать предпосылки к мониторингу и учету бюджета углерода в различных природных зонах. Карбоновые полигоны будут не только механизмом наблюдения за атмосферой, гидросферой и педосферой, растительным покровом, но и местом, где могут быть применены различные технологии, позволяющие сгладить последствия изменения климата за счет усиления секвестрации углерода природными и антропогенно-преобразованными ландшафтами, в связи с этим актуальными являются вопросы функционирования карбоновых ферм, главная цель которых не просто секвестрация соединений углерода, но обеспечение параметризации депонирующих по отношению к углероду процессов в качественном и количественном аспектах.

Карбоновые полигоны – не только имиджевый проект для любого региона, но и важный инструмент экологической метрологии и верификации оценок, результатов моделирования и расчётов. В связи с этим важнейшей задачей настоящего этапа исследований является разработка методик, методологии и метрологии сопровождения сети взаимосвязанных и комплементарных карбоновых полигонов в бореальном поясе Евразии. Эта задача актуальная еще и потому, что именно бореальные леса являются «легкими» Северного полушария. Другой важнейшей задачей является проектирование, создание и запуск карбоновой фермы, задачей функционирования которой будет верифицированный, предсказуемый и относительно управляемый процесс аккумуляции углерода органических соединений в составе биомассы, твердофазного и растворенного органического вещества в наземных экосистемах. В настоящее время Санкт-Петербургский государственный университет разрабатывает концепцию и осуществляет территориальное планирование карбонового полигона «Ладога».

Работа этого полигона будет направлена на синтез работ в области экологии, почвоведения, зеленой химии, физики атмосферы, экономики и экологического менеджмента на модельной мониторинговой площадке карбонового полигона в Ленинградской области (пос. Воейково). Этот уникальный объект является наиболее репрезентативным как для Балтийского региона, так и для Фенноскандии. Впервые для Северо-Западного Федерального округа будут проведены комплексные исследования параметров углеродного цикла с использованием междисциплинарного подхода, что обеспечит трансфер фундаментальных научных знаний в прикладную сферу (прикладная экология, экологический менеджмент, оценка природного капитала). Карбоновый полигон «Ладога» не будет ограничен определенным пространством на камовой постледниковой возвышенности, хотя его мониторинговая площадка на Карельском перешейке будет ключевой. Карбоновый полигон – концепция, которая включает территориально подкрепленные филиалы – морской полигон, площадка в урбоэкосистеме, участок в мониторинговой агроэкосистеме многолетнего сельскохозяйственного опыта. Карбоновый полигон – региональная часть пространственной верификации системы прямых и косвенных оценок бюджета углеродных экосистемных услуг. На федеральном уровне предлагается создать консорциум карбоновых полигонов бореального климата от Калининграда до Сахалина, о чем есть предварительные договоренности. Задачей консорциума будет унификация методов и подходов и обеспечение метрологического единства и воспроизводимости оценок и измерений хотя бы в пределах одного биомного типа экосистем – таежно-лесных, с возможностью спецификации роли континентальности климата в стабилизации системы органического вещества природного происхождения в составе почв и растительности.

В заключение следует сказать, что идея карбоновых полигонов нашла понимание во всех регионах РФ, правда, рецепция этой концепции оказалась не менее разнообразной, чем сами регионы и типы доминирующих в них экосистем. Поэтому, в настоящее время мы стоим перед целым рядом понятийных и терминологических проблем, не договорившись о решении которых, мы не сможем эффективно развивать указанную концепцию.

**Благодарности: работа выполнена при поддержке СПбГУ, проект № ID PURE pure 101662710.**

#### **CARBON POLYGONS AND MEASUREMENTS OF CARBON ECOSYSTEM SERVICES**

E.V. Abakumov, M.A. Makarova, E.V. Shevchenko, E.Yu. Chebykina, T.I. Nizamutdinov

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

*Abstract.* The problem of the methodology and metrology of the parameters used to identify and monetize the carbon ecosystem services of soils in the carbonic polygons of boreal taiga-forest ecosystems is discussed. The ideology and practical functionality of the carboniferous polygon of the boreal zonal ecosystem is described. The preliminary characteristics of the Ladoga carboniferous polygon (Leningrad region) are given.

Keywords: soils, organic matter, carbonic landfills, ecosystem services.

Научное издание

II НИКИТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ  
В ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ»

**МАТЕРИАЛЫ**

Международной научной конференции,  
посвященной первому профессору почвоведения на Урале, заведующему  
кафедрой почвоведения (1924-1932) Василию Васильевичу Никитину,  
100-летию первой кафедры почвоведения на Урале,  
140-летию науки почвоведения  
(Пермь, 14-17 ноября 2023 года)

Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова,  
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23, тел. (342) 217-95-42

Подписано в печать 12.10.2023. Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Усл. печ. л. 79. Тираж 60 экз. Заказ № 24.

Отпечатано в издательско-полиграфическом комплексе «ОТ и ДО»  
614094, г. Пермь, ул. Овчинникова, 19, тел.: (342) 224-47-47  
e-mail: info@otido.perm.ru