

ЦЕНТР ПО ПРОБЛЕМАМ ЭКОЛОГИИ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСОВ РАН



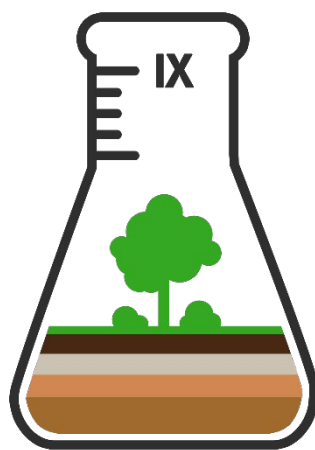
НИКИТСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД РАН



ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА



НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ЛЕСУ



МАТЕРИАЛЫ  
IX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ  
**«ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА»**

[forestsoil2019@gmail.com](mailto:forestsoil2019@gmail.com)



[forestsoil.ru](http://forestsoil.ru)



Россия, онлайн-заседания  
**21-24 сентября 2021**

УДК 630\*114

ISBN 978-5-6047075-0-0

**ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА: МАТЕРИАЛЫ IX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ – М.: ЦЭПЛ РАН, 2021. 227 с.**

В сборнике представлено 88 тезисов докладов, касающихся актуальных проблем лесного почвоведения: механизмы комбинированного влияния растительности, животных и микроорганизмов на экосистемные функции лесных почв; применение методов математического моделирования для оценки экосистемных функций лесных почв; пожары как фактор утраты биоразнообразия и функций лесных экосистем; оценка и прогноз динамики функций лесных почв в условиях комбинированного действия природных и антропогенных факторов; влияние истории землепользования и климата на лесные почвы; лесоразведение и свойства почв. Для почвоведов, работников лесного хозяйства, экологов, биологов, специалистов по ГИС, преподавателей, студентов и аспирантов высших учебных заведений.

**Редакционная коллегия:** член-корр. Лукина Н.В., к.б.н. Гераськина А.П., к.б.н. Костенко И.В., Ермолов С.А., Иванова Е.А., Кузнецова А.И., Дулина А.А., Никитина А.Д., к.б.н. Ручинская Е.В., к.б.н., Тебенькова Д.Н., к.б.н. Тихонова Е.В.

## ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРНЫХ СИСТЕМ СРЕДНЕГО УРАЛА

Ф.Г. ГАФУРОВ, И.Н. КОРКИНА

Институт экологии растений и животных Уральского отделения  
Российской академии наук, г. Екатеринбург

**Ключевые слова:** горные системы, информационный массив, морфоскульптура, почвенная карта, структура почвенного покрова

Своеобразие физико-географического положения горных систем Среднего Урала, а также их историческое прошлое обусловили геоморфологическую уникальность этой территории. Набор экологических условий формирования почвенного покрова на каждой из этих систем уникален, что в конечном итоге привело к своеобразию состава и структуры их почвенного покрова. Общеизвестно то, что пространственное распределение почв в горах подчинено закономерностям, обусловленным горным характером этих ландшафтов. Прежде всего это высотная поясность, экспозиция и крутизна склонов, а также особенность биоценозов. Однако, как было установлено широкомасштабными почвенными съемками обширной территории Висимского государственного биосферного заповедника, на формирование состава и структуры почвенного покрова старых разрушенных горных стран, каковыми являются и горные системы Среднего Урала, достаточно весомое влияние оказывает и разновозрастность этих горных ландшафтов.

Имеющаяся почвенная карта Свердловской области в масштабе 1:500 000 изготовлена ГУК на основе дистанционных методов почвенного картирования в 1990 году. Это мелкомасштабная обзорная карта дает представление о почвенном покрове области на уровне не более чем почвенные округа и районы, что с некоторыми допущениями равнозначны понятиям ландшафтных округов и районов. Такой информации недостаточно для реального представления состава, структуры и качества почвенного покрова территорий.

Кроме того, накопленные к настоящему времени сведения о лесных почвах области представляют собой важные, но разрозненные данные, полученные разными исследователями на отдельных участках, что затрудняет их сравнение, анализ и использование в научных и прикладных задачах.

Начатая в 2017 году по инициативе руководства Висимского биосферного заповедника работа по почвенному картированию территории этой ООПТ в конечном итоге позволила не только изготовить крупномасштабную почвенную карту заповедника, но и получить полноценный фактический материал по составу, структуре, генезису для обширной горной лесной территории Среднего Урала. Были выявлены основные закономерности распределения почв по отдельным разновозрастным горным системам. В ходе работы были уточнены диагностические признаки местных почв и их уровень загрязнения тяжелыми металлами. Выявлены участки с фоновыми почвами и определены места локализации эталонных почв.

Полевые почвенные изыскания проводились в 2017-2021 гг. в пределах остаточных гор западного и низкогорья восточного склонов Среднего Урала на 33,5 тыс. га территории ФГБУ Висимского государственного природного биосферного заповедника. Изучение состава почвенного покрова реализовано на натуральных обследованиях почвенных ареалов на местности по ключевым участкам и на экстраполяции почвенно-ландшафтных связей ключевых участков на однотипные территории.

Согласно геоморфологическому районированию Урала, восточная часть заповедника находится в районе приподнятых горных массивов Среднего Урала, а западная – в районе остаточных гор западного склона. Рельеф восточной части заповедника имеет настоящий горный характер с абсолютными высотами от 550 до 700 м над уровнем моря и перепадом высот 250-300 м, а западной части — низкогорно-увалистый с мягкими очертаниями коротких хребтов и увалов, разделенных широкими межгорными депрессиями.

Для территории заповедника характерны две поверхности выравнивания: позднемезозойская (средняя юра – нижний олигоцен) на высоте 500-650 м над уровнем моря и среднекайнозойская (средний и верхний олигоцен) на высоте 350-400 м над уровнем моря.

По сходству и различиям морфоскульптур горных систем исследуемой части Среднего Урала и связанных с ними разных по возрасту геологических структур удалось на территории Висимского государственного биосферного заповедника выделить четыре различных морфоструктуры земной поверхности на которых сформировались четыре разных почвенных района.

1. Сутукский (Восточный) низкогорный (500-700 м над уровнем моря) почвенный район. Основными факторами дифференциации почвенного покрова являются высотная экспозиция и литологическая дифференцированность почвообразующих пород. В СПП почвенного района ведущее место принадлежит мозаикам горных лесных бурых или примитивных почв с горными дерново-подзолистыми почвами. В нижней части склонов обычны сочетания автоморфных горных лесных дерново-подзолистых почв с полугидроморфными дерново-подзолистыми почвами. По долинам рек — сочетания полугидроморфных дерново-подзолистых почв с почвами гидроморфного ряда. Генетико-геометрический рисунок горных вершин ассиметрично-кольцевой пятнистый, склонов — полосчатый, разреженный наложенно-древовидный. В целом структура почвенного покрова района сложная по строению и сильноконтрастная по составу.

2. Центральный холмисто-увалистый (450-570 м над уровнем моря) почвенный район. В СПП почвенного района ведущее место принадлежит мозаикам-сочетаниям горных лесных бурых или примитивных почв с автоморфными и полугидроморфными дерново-подзолистыми почвами. Дифференциация почвенного покрова обусловлена литологической неоднородностью почвообразующих пород, высотной поясностью, проявлениями денудационно-аккумулятивных и водно-миграционных процессов. Генетико-геометрический рисунок СПП пятнисто-кольцевидный на вершинах гор и увалов, наложенно-древовидный на склонах и по долинам рек. В целом СПП района среднеконтрастная по составу и сложная по строению.

3. Западный равнинный (420-440 м над уровнем моря) почвенный район. В СПП района ведущее место занимают мозаики горных примитивных почв с горными дерново-подзолистыми почвами. Подчиненное положение занимают сочетания в различной степени оглеенных дерново-подзолистых почв. Дифференциация почвенного покрова обусловлена литологической неоднородностью почвообразующего чехла и высотно-экспозиционными факторами. Генетико-геометрический рисунок СПП типично древовидный вытянутый вдоль увалов и долин рек. В целом структура почвенного покрова района среднеконтрастная по составу и несложная по строению.

4. Сулемский пойменно-террасный (380-400 м над уровнем моря) почвенный район. В СПП района ведущее место занимают сочетания мезокомбинаций автоморфных дерново-подзолистых почв с полугидроморфными дерново-подзолистыми почвами. Подчиненное положение занимают мозаики аллювиальных дерново-глееватых почв с аллювиальными болотными почвами. СПП дифференцирована исходной литологической разнородностью

почвообразующих пород и совместными проявлениями денудационно-аккумулятивных и водно-миграционных процессов. Генетико-геометрический рисунок СПП четкий линейно-древовидный частью пятнистый. В целом структура почвенного покрова района сильноконтрастная по составу и сложная по строению.

В ходе проведенных исследований впервые для столь обширной и неоднородной по экологическим условиям почвообразования лесной территории Среднего Урала получен согласованный по единым методическим подходам массив данных, включающий пространственную и ландшафтную привязку, условия почвообразования, классификационные признаки почв и количественные параметры основных физико-химических свойств почв. Полученный информационный массив должен стать основой интегральной системы данных о современном составе, структуре почвенного покрова и качестве почв, создания почвенной карты в среде ГИС и быть использован для научно-исследовательских задач, мониторинга и прогнозирования состояния почвенного покрова при изменении природной среды и оценке изменений почв при разных видах воздействий и использования.

*Финансирование: договорная НИР*

## **FEATURES OF THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE SOIL COVER OF THE MOUNTAIN SYSTEMS OF THE MIDDLE URALS**

**F.G. GAFUROV, I.N. KORKINA**

**Key words:** *mountain systems, soil map, morphosculptures, structure of the soil cover, information array*

## ЭВОЛЮЦИЯ ФОРМ ГУМУСА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЙОНАХ МНОГОЛЕТНЕГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

И.Н. КОРКИНА, Е.Л. ВОРОБЕЙЧИК

Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, г.  
Екатеринбург

**Ключевые слова:** дождевые черви, морфология органогенных горизонтов, почвенная фауна, промышленное загрязнение, тяжелые металлы, формы гумуса

Современная Европейская морфофункциональная классификация систем и форм гумуса (Zanella et al., 2018; также специальные выпуски Humusica 1 и Humusica 2 журнала Applied Soil Ecology в 2018 г.) охватывает большое разнообразие типов морфологического строения верхних органогенных горизонтов почв, характерных для широкого спектра природных условий. Удобство ее применения связано с четкими диагностическими критериями, унификацией терминологии и принципов классификации многих национальных школ. Таксономия форм гумуса базируется на зависимости морфологического строения органогенных горизонтов от структуры и обилия сапротрофного комплекса почвенной биоты. Классификация также включает некоторые антропогенные формы гумуса (в урбо- и агроэкосистемах, на искусственных или переотложенных природных субстратах). Однако формы гумуса, измененные под влиянием промышленного загрязнения, не включены в классификацию. Учитывая, что по сравнению с природными аналогами они обладают многими специфическими особенностями строения, биологических и химических свойств, необходимо их детальное рассмотрение.

Мы исследовали морфологию органогенных горизонтов почв, длительное время подвергавшихся атмосферному загрязнению выбросами Среднеуральского медеплавильного завода (подзона южной тайги Среднего Урала). Предприятие функционирует более 80 лет; долгое время оно было крупнейшим в России источником загрязнения среды диоксидом серы, металлами (Cu, Pb, Zn, Cd, Hg и др.) и металлоидами (As), но к настоящему времени его выбросы практически прекратились, что инициировало восстановление экосистем (Воробейчик и др., 2019). Участки располагались в разных зонах загрязнения (фоновая, буферная, импактная) на пологих склонах в хвойных и смешанных лесах, где преобладают дерново-подзолистые почвы.

На всей обследованной территории было выявлено большое разнообразие форм гумуса, относящихся к Terrestrial humus systems (автоморфным почвам) – от Mesomull до Eumor, т.е. все формы в ряду биологической активности за исключением Eumull. Их морфологический облик полностью соответствовал критериям, описанным в Европейской классификации, поэтому они были отнесены к типичным. Кроме этого, был выявлен 21 вариант строения гумусовых профилей, которые по сочетанию признаков не соответствовали ни одной из природных форм гумуса и встречались только на загрязненных территориях, причем в буферной зоне они преобладали. Эти формы гумуса были отнесены к нетипичным.

Все изменения форм гумуса на загрязненных территориях происходят в результате развертывания двух противоположно направленных процессов: деградации, т.е. нарушения строения органогенных горизонтов из-за подавления сапрофагов под влиянием загрязнения, и реградации, т.е. восстановления этих горизонтов в процессе реколонизации сапрофагами после почти полного прекращения поступления поллютантов.

Процесс деградации заключается в том, что по мере приближения к источнику загрязнения высоко активные зоогенные мюль-формы гумуса, характерные для фоновых территорий, замещаются вначале модер-формами, а затем мор-формами, включая крайний вариант Eumog, в котором разложение растительных остатков протекает под воздействием только микроорганизмов (Коркина, Воробейчик, 2016; Korkina, Vorobeichik, 2018). Такое замещение связано с изменениями в обилии и структуре сообществ крупных почвенных беспозвоночных, а именно в уменьшении численности дождевых червей с последующим исчезновением вначале эндогейных, а затем и эпигейных видов при постепенном увеличении токсичности почв (Воробейчик и др., 2019). Процесс реградации инициирован уменьшением токсичности почв и заключается в обратном переходе мор-форм к мюль-формам по мере заселения незоогенных подстилок дождевыми червями и другими сапрофагами (Korkina, Vorobeichik, 2021).

Причина формирования нетипичных гумусовых профилей – неодинаковая скорость реакции разных горизонтов на изменение внешних условий, в результате чего в одном профиле сочетаются признаки разных стадий эволюции форм гумуса. Так более быстрая деградация органических горизонтов по сравнению с органоминеральными приводит к появлению нетипичных мор-форм, в которых незоогенный горизонт OF сочетается с горизонтом А, сохранившим зоогенную структуру. Запаздывание восстановления горизонта А по сравнению с органическими приводит к сочетанию в одном профиле зоогенных горизонтов OF, аналогичных или схожих с таковыми в системах Модера и Мюля, с незоогенным горизонтом А.

Формирование нетипичных профилей в процессе восстановления почв зависит от характера заселения загрязненных органических горизонтов крупными сапрофагами. Превращение незоогенного OF в зоогенный при восстановлении мор-форм до мюль-форм начинается с верхних слоев подстилки и распространяется вглубь профиля. Это приводит к появлению нетипичной последовательности (инверсии) горизонтов, неоднородности горизонта OF, включению фрагментов (локусов) одного горизонта в пределах другого (например, в толще зоогенно преобразованных растительных остатков сохраняются незоогенные фрагменты горизонта OF, или локусы горизонта ОН в виде скопления микроэксскрементов или копролитов в пределах неоднородного OF).

Восстановление мор-форм до мюль-форм может происходить двумя разными путями: 1) последовательное возвращение к мюль-формам через промежуточные стадии модер-форм, при котором эти промежуточные стадии, если и имеют нетипичное строение, но по строению органических горизонтов близки одной из систем форм гумуса, т.е. имеют аналоги среди типичных форм; 2) без прохождения промежуточных стадий модер-форм через специфические формы, в которых сочетаются несочетаемые в естественных условиях признаки из двух систем – Мора и Мюля. Мы назвали такие формы Mormull; для них нет аналогов среди типичных форм гумуса.

Инвентаризация разнообразия форм гумуса на загрязненных территориях позволила систематизировать разные виды нетипичных профилей. На основе этого мы предложили номенклатуру, типологию и схему эволюции форм гумуса лесных почв в ходе их техногенной деградации и посттехногенной реградации (Korkina, Vorobeichik, 2021). Мы рассматриваем нетипичные формы гумуса как неравновесные состояния системы. Такие состояния неустойчивы, поскольку системы «стремятся» достигнуть равновесия с изменившимися внешними условиями. Исходя из такой интерпретации, нетипичные формы гумуса в ряду реградации «эфемерны» в сукцессионном масштабе времени лесных экосистем, и при дальнейшем ходе восстановления быстро «самоуничтожатся», перейдя в типичные формы системы Мюля.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 19-29-05175).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробейчик Е.Л., Ермаков А.И., Гребенников М.Е. Начальные этапы восстановления сообществ почвенной мезофауны после сокращения выбросов медеплавильного завода // Экология. 2019. № 2. С. 133–148.
2. Коркина И.Н., Воробейчик Е.Л. Индекс форм гумуса – перспективный инструмент для экологического мониторинга // Экология. 2016. № 6. Р. 434–440.
3. Korkina I.N., Vorobeichik E.L. Humus Index as an indicator of the topsoil response to the impacts of industrial pollution // Appl. Soil Ecol. 2018. V. 123. P. 455–463.
4. Korkina I.N., Vorobeichik E.L. Non-typical degraded and regraded humus forms in metal-contaminated areas, or there and back again // Geoderma. 2021. V. 404. 115390.
5. Zanella A., Ponge J.-F., de Waals R. et al. Humusica 1, article 3: Essential bases – Quick look at the classification // Appl. Soil Ecol. 2018. V. 122. P. 42–55.

#### EVOLUTION OF HUMUS FORMS OF FOREST ECOSYSTEMS IN THE AREAS OF LONG-TERM INDUSTRIAL POLLUTION

I.N. KORKINA, E.L. VORBEICHIK

**Key words:** *humus forms, topsoil morphology, soil fauna, earthworms, industrial pollution, heavy metals*