

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ АГРОХИМИИ ИМЕНИ Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА»**

**Главные редакторы: Виктор Г. Сычёв и Лотар Мюллер**

**НОВЫЕ МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ЛАНДШАФТОВ В ЕВРОПЕ,  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И СИБИРИ**

**Монография в 5 томах**

**Том I Ландшафты в XXI веке: анализ состояния,  
основные процессы и концепции исследований**

**В содружестве с Академией почвенного плодородия  
Митчерлиха (МИТАК), Паулиненуэ, Германия**

**Москва 2018**

**RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
FSBSI «ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF AGROCHEMISTRY  
NAMED AFTER D.N. PRYANISHNIKOV»**

**Main editors: Viktor G. Sychev and Lothar Mueller**

**NOVEL METHODS AND RESULTS OF  
LANDSCAPE RESEARCH IN EUROPE, CENTRAL  
ASIA AND SIBERIA**

**Monograph in 5 Volumes**

**Vol. I Landscapes in the 21th Century: Status  
Analyses, Basic Processes and Research Concepts**

**With friendly support of the Mitscherlich Academy for Soil Fertility  
(MITAK), Paulinenaue, Germany**

**Moscow 2018**

ББК 4035  
УДК 504.54:631.42  
Н 78

**Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири** (в пяти томах). Том 1. Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований /под редакцией академика РАН В.Г.Сычева, Л. Мюллера. – М.: изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. – 504 с.

ISBN 978-5-9238-0247-4 (Том 1)

**Коллектив авторов и редакторов** под руководством Л. Мюллера (Мюнхеберг), В.Г. Сычёва (Москва), Ф. Ойленштайна (Мюнхеберг), В.А. Романенкова (Москва), А.Х. Шеуджена (Краснодар), А. Сапарова (Алматы).

**Главные редакторы:** Лотар Мюллер (Лейбниц центр агроландшафтных исследований, Мюнхеберг, Германия) и Виктор Г. Сычёв (Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия)

Монография содержит информацию о самых современных методологиях и результатах в ландшафтных исследованиях. Она может быть использована в качестве руководства для исследователей, преподавателей, студентов и всех, кого интересует тема ландшафтной науки и смежных дисциплин. Монография является особо ценной информационной базой для лиц, принимающих решения на различных уровнях, от местных до международных органов по принятию решений. Приведенная в монографии информация представляет собой современный уровень ландшафтной науки в очень краткой форме.

Содержание глав дано в авторской редакции. Редакторы не несут ответственности в отношении опубликованных материалов.

**Novel Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia** (in five volumes). Vol. 1. Landscapes in the 21th Century: Status Analyses, Basic Processes and Research Concepts /main editors Viktor G. Sychev, Lothar Mueller. – М.: Publishing House FSBSI «Pryanishnikov Institute of Agrochemistry», 2018. – 504 p.

**Team of authors and editors** under the guidance of: Lothar Mueller (Muencheberg), Viktor G. Sychev (Moscow), Frank Eulenstein (Muencheberg), Vladimir A. Romanenkov (Moscow), Askhad Kh. Sheudzhen (Krasnodar), Abdulla Saparov (Almaty)

**Main editors:** Lothar Mueller (Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, Muencheberg, Germany) and Viktor G. Sychev (All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia)

This monograph shall inform you about up to date methodologies and recent results in landscape research. It is intended as a guide for researchers, teachers, students, decision makers, stakeholders interested in the topic of landscape science and related disciplines. It provides information basis for decision makers at various levels, from local up to international decision bodies, representing the top level of landscape science in a very short form.

Authors are responsible for the content of their chapters. Neither the authors nor the editors can accept any legal responsibility for any errors or omissions that may be made. The editors make no warranty, express or implied, with respect to the material contained herein.

ISBN 978-5-9238-0246-7  
ISBN 978-5-9238-0247-4 (Том 1)  
DOI 10.25680/7920.2018.82.47.001

© ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» 2018

- [3]Гиляров М.С. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1965. – 320 с.
- [4]Тимофеев А.Н. Динамика численности и распределение жизненных форм ногохвосток (Insecta, Collembola) на катенных градиентах центра Русской равнины. // Современные проблемы энтомологии. Международный Восточно-Европейский энтомологический симпозиум: материалы конференции, Воронеж, 18-21 ноября, 2011 г. – Воронеж: Изд.-полиграфич. центр ВГУ, 2011. – С. 109-115.
- [5]Тимофеев А.Н. Сравнительный анализ фауны коллебол (Insecta, Collembola) разных типов катен лесостепной зоны / Актуальные проблемы современной науки и образования: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, февраль, 2010 г. – Биологические науки, т. II. – Уфа: РИЦБашГУ, 2010. – С. 518-520.

## Основная глава 4.2 Биоразнообразии ландшафтов Main Chapter 4.2 Landscape Biodiversity

### Глава I/73: МЕТОДЫ АНАЛИЗА БИОРАЗНООБРАЗИЯ И ФУНКЦИЙ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

#### Chapter I/73: Methods of Analysing the Biodiversity and Functions of Wood-Decaying Fungi in Forest Ecosystems

Виктор А. Мухин <sup>\*1,2</sup>; Дарья К. Диярова <sup>1,2</sup>; Надежда В. Неустроева <sup>1,2</sup>; Марина В. Костицина <sup>1,2</sup>

DOI 10.25680/8731.2018.64.78.073

\* Эл. Почта: [victor.mukhin@ipae.uran.ru](mailto:victor.mukhin@ipae.uran.ru)

1.Институт экологии растений и животных УрО РАН, ул.8 Марта 202, 620144, Екатеринбург, Россия

2.Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Департамент биологии и фундаментальной медицины, ул. Мира 19, 620002, Екатеринбург, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Рассмотрен комплекс полевых и лабораторных методов, обеспечивающий оценку биологического разнообразия и экологических функций ксилотрофных грибов в лесных экосистемах. Они могут быть использованы для оценки биоразнообразия ксилотрофного компонента грибных сообществ, его роли в биологическом круговороте лесных экосистем Северной Евразии, а также для оценки трансформации грибных сообществ под влиянием климатических и антропогенных факторов. Методы оценки интенсивности минерализации древесных остатков могут применяться для наземного контроля данных дистанционного зондирования в рамках мониторинга потоков CO<sub>2</sub> между лесным покровом и атмосферой. Методы оценки дереворазрушающей активности ксилотрофных грибов, внешним проявлением которой является CO<sub>2</sub>-эмиссионная активность древесного дебриса, могут быть использованы для изучения реакции эмиссионной составляющей углеродного цикла лесных экосистем на климатические изменения.

**Abstract.** A set of field and laboratory methods that provides an assessment of the biological diversity and ecological functions of xylophilic fungi in forest ecosystems is considered. They can be used to assess the biodiversity of this fungi group, its role in the biological cycle of forest ecosystems in Northern Eurasia, and to assess the transformation of fungal communities under the influence of climatic and anthropogenic factors. Methods for estimating the intensity of mineralization of wood residues can be used for ground-based monitoring of remote sensing data in the context of monitoring CO<sub>2</sub> fluxes between forest cover and the atmosphere. Methods for assessing the wood-destroying activity of xylophilic fungi, the external manifestation of which is the CO<sub>2</sub>-emission activity of wood debris, can be used to study the response of the emission constituent of the carbon cycle of forest ecosystems to climatic changes.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** леса, дереворазрушающие грибы, биоразнообразии, экологические функции, ландшафты, методы изучения.

**Keywords:** forests, wood-destroying fungi, biodiversity, ecological functions, landscapes, methods of study

## **ВВЕДЕНИЕ**

В наземных экосистемах грибы представлены большим числом таксонов и экологических групп. Специфичной для лесных экосистем экологической группой являются ксилотрофные, или дереворазрушающие грибы. Это единственная в современной биосфере группа организмов, способных к биохимической конверсии лигноцеллюлозного комплекса древесины, на долю которой приходится основная часть фитомассы лесных экосистем [1-4]. Их совместная с древесными растениями деятельность лежит в основе биологического круговорота лесных экосистем, являющимися одними из регуляторов газового состава атмосферы и климата. Однако биосферное значение ксилотрофных грибов еще не получило своей должной оценки [5,6]. В данной статье дается краткая аннотация методов анализа ландшафтно-географических паттернов биоразнообразия, а также экологических функций ксилотрофных грибов в лесных экосистемах Северной Евразии.

## **БИОРАЗНООБРАЗИЕ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ И МЕТОДЫ ЕГО ОЦЕНКИ**

Ксилотрофные грибы – это визуально различимые организмы и по отношению к ним можно использовать классические ботанические методы оценки флористического разнообразия, например, маршрутный метод А.И. Толмачева [7]. При проведении учетов проводится сбор базидиокарпов всех обнаруженных на древесных остатках грибов, отмечается их субстратная приуроченность, а также встречаемость, оцениваемая по числу древесных субстратов, на которых они встречены [8]. При оценке биоразнообразия следует ориентироваться на получение репрезентативных данных, характеризующих грибные сообщества определенного ландшафтно-географического типа. В качестве соответствующих ориентиров возможного видового богатства ксилотрофных грибов можно использовать данные по их таксономическому разнообразию в лесах различного зонального статуса Западной Сибири: лесотундровые редколесья – 120, северотаежные – 170, среднетаежные – 220, южнетаежные – 260, подтаежные – 170 и лесостепные – 130 видов [9].

## **ТРОФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ И МЕТОДЫ ЕГО АНАЛИЗА**

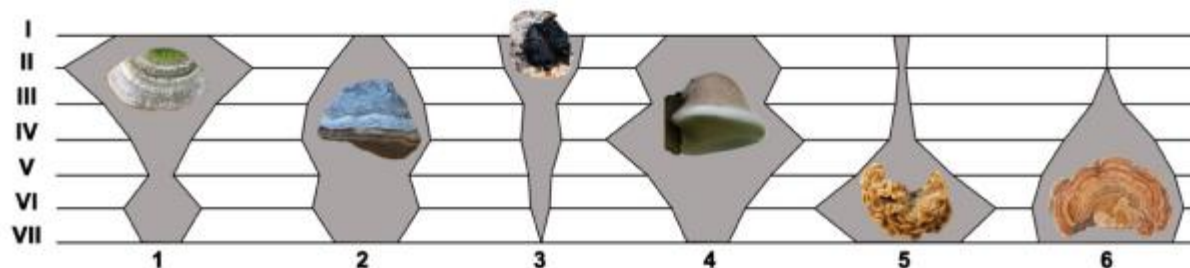
Для ксилотрофных грибов древесина – это не только среда обитания, но и трофический ресурс. Их трофическая специализация выражается в преимущественной приуроченности к определенным древесным остаткам. Ее анализ необходим для оценки роли, функций отдельных видов и их групп в биологическом разложении различных фракций древесного дебриса. В самом общем виде, по трофической специализации ксилотрофные грибы можно разделить на виды, встречающиеся на лиственной и хвойной древесине и виды, встречающиеся только на лиственной и только на хвойной древесине [8]. Для более детальной характеристики трофической специализации ксилотрофных грибов необходимо учитывать такие параметры древесных остатков, как их положение относительно почвы (валеж, сухостой), размер (диаметр). Это позволяет охарактеризовать ширину и перекрытие экологических ниш ксилотрофных грибов. [9].

## **ФОРМАЦИОННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ И МЕТОДЫ ЕГО АНАЛИЗА**

Биота ксилотрофных грибов любого ландшафтно-географического ранга состоит из формационных микобиот - групп видов, ассоциированных с определенными видами и группами древесных растений. Они сформировались в результате длительной сопряженной эволюции дереворазрушающих грибов и древесных растений, имеют свой возраст и собственную линию развития, определяемые историческими судьбами лесных формаций [8]. Анализ формационных микобиот основывается на данных по субстратной специализации ксилотрофных грибов и включает оценку общего таксономического разнообразия, специфичности (определяется по количеству специфичных видов), сходства (например, с использованием коэффициента Сьеренсена-Чекановского) видового состава по отношению к другим формационным микобиотам. Как и в случае флоры, анализ формационных микобиот позволяет распознать черты их относительной древности или молодости, выявить их генезис, ценогенетические связи и оценить относительный вклад в региональное биоразнообразие [7, 8].

## ЛАНДШАФТНО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ И МЕТОДЫ ЕГО АНАЛИЗА

Одна из задач работ по изучению биоразнообразия заключается в установлении закономерностей его пространственного распределения. Эффективным методом познания закономерностей ландшафтно-географических преобразований биоразнообразия ксилотрофных грибов является градиентный анализ. Он позволяет не только описать ландшафтно-географические паттерны биоразнообразия, но и выяснить их приспособительный характер. Данный метод также дает возможность выявить особенности распределения разных видов вдоль широтного градиента (Рисунок 1) и, на основе этого, охарактеризовать экологическую пластичность, или валентность ксилотрофных грибов, их широтные ценоареалы, синэкологические оптимумы и жизненные стратегии. Результатом ландшафтно-географических преобразований биоразнообразия является пространственная структура биоты ксилотрофных грибов, отражающая ландшафтно-климатическую неоднородность региона [8].



**Рисунок 1** – Широтная динамика встречаемости ксилотрофных грибов, ассоциированных в лесах Западной Сибири с *Betula* sp. I – лесотундра, II – предлесотундра, III – северная тайга, IV – северная тайга, V – средняя тайга, VI – южная тайга, VII – лесостепь. 1 – [Cerrena unicolor](#) (Bull.) Murrill, 2 – *Fomes fomentarius* (L.) Fr., 3 – *Inonotus obliquus* (Fr.) Pilát, 4 – *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst., 5 – *Stereum hirsutum* (Willd.) Pers., 6 – *Trametes versicolor* (L.) Lloyd.

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ДРЕВЕСНОГО ДЕБРИСА IN VIVO

Основная экосистемная функция ксилотрофных грибов – это биологическое разложение, или минерализация древесных остатков, важнейшим показателем которой является интенсивность. Один из методов ее оценки основывается на использовании образцов древесины в виде отрезков живых ветвей 20 см длиной и 2-3 см в диаметре, с определенной массой, которые помещают на подстилку на срок 3 и 6 лет. По истечении указанного времени образцы извлекают, описывают их внешний вид (состояние коры, окраска и твердость древесины, наличие следов деятельности беспозвоночных, а также мицелия и плодовых тел грибов), высушивают и взвешивают, и по разнице исходной и конечной массы образцов оценивают интенсивность разложения - %/год [8,10]. Результаты работ с использованием данного метода представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Интенсивность разложения веточного опада в лесных экосистемах Западной Сибири, ежегодная убыль абсолютно сухой массы образцов, % [1]

| Природная зона | <i>Larix sibirica</i> Ledeb | <i>Picea obovata</i> Ledeb | <i>Pinus sibirica</i> Du Tour | <i>Pinus sylvestris</i> L. | <i>Betula</i> sp. |
|----------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Лесотундра     | 3.0                         | 3.2                        | -                             | -                          | 4.4               |
| Северная тайга | 4.2                         | 4.6                        | 6.0                           | 6.6                        | 6.3               |
| Средняя тайга  | 5.2                         | 4.9                        | 5.8                           | 6.9                        | 5.3               |
| Южная тайга    | -                           | 5.7                        | 7.0                           | 7.9                        | 8.8               |
| Подтайга       | -                           | 5.1                        | -                             | 7.2                        | 7.9               |
| Лесостепь      | -                           | -                          | -                             | 7.2                        | 7.4               |

Другие методы оценки интенсивности минерализации древесных остатков *in vivo* основываются на таких критериях, как внешнее состояние, плотность, удельная масса, CO<sub>2</sub>-эмиссионная активность [11-17].

## **МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И АКТИВНОСТИ ГРИБОВ**

Присутствие грибов на древесных остатках еще не является достаточным основанием для их отнесения к ксилотрофам. Только после оценки их дереворазрушающей способности и активности можно отделить ксилотрофные грибы, способные к биохимической конверсии лигноцеллюлозного комплекса древесины, от ксилобийонтных. Для этого есть простой, но эффективный метод. Он основывается на оценке убыли массы образцов древесины под влиянием длительного (60-90-120-180 суток) воздействия штаммов разных видов грибов в лабораторных условиях [10,18,19]. Дереворазрушающая способность оценивается по максимально возможному для данного гриба уровню деструкции древесины (%) без учета необходимого для этого времени, а дереворазрушающая активность оценивается по скорости деструкции [10]. В настоящее время оценку дереворазрушающей активности грибов проводят по результатам анализа их дыхательной активности [20,21]. К преимуществам этого метода следует отнести возможность использования для анализов природных образцов разрушаемой грибами древесины, а также быстрое получение требуемых результатов. Основной недостаток - это невозможность сравнительного анализа видовых различий по дереворазрушающей активности, так как остается неизвестной масса субстратного мицелия.

## **МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ТРОФИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ**

Древесина – это основной для ксилотрофных грибов трофический ресурс, однако, нельзя исключить, что их трофические связи этим не ограничиваются. Для выявления и оценки трофических связей перспективным является изотопный метод. Он позволяет оценить *in situ* открытость и интенсивность природных процессов, в том числе связанных с деструкцией органического вещества [22,23]. В частности, с использованием изотопного метода показано, что древесина это единственный для ксилотрофных грибов источник азота и углерода. Изотопный состав азота указывает на закрытый характер у этих организмов азотного обмена, превращающий их в своего рода биогеохимические «ловушки», предотвращающие вынос данного элемента из лесной экосистемы. Трофический сдвиг в соотношении стабильных изотопов азота и углерода в грибах не обнаруживает ландшафтно-географической специфичности и не связан с климатом [24-26].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Рассмотрен комплекс полевых и лабораторных методов, обеспечивающий оценку биологического разнообразия и экологических функций ксилотрофных грибов в лесных экосистемах.
2. Данные методы прошли апробацию в лесах Западной Сибири, Среднего Урала, но могут быть использованы и для оценки биоразнообразия ксилотрофного компонента грибных сообществ, их роли в биологическом круговороте лесных экосистем других регионов Северной Евразии.
3. Методы по оценке интенсивности минерализации древесных остатков в лесных экосистемах могут применяться для наземного контроля данных дистанционного зондирования в рамках мониторинга потоков CO<sub>2</sub> между лесным покровом и атмосферой.
4. Методы по оценке дереворазрушающей активности ксилотрофных грибов, внешним проявлением которой является CO<sub>2</sub>-эмиссионная активность древесного дебриса, могут быть использованы для изучения реакции эмиссионной составляющей углеродного цикла лесных экосистем на изменения климата.
5. Методы по оценке таксономического, трофического, формационного и ландшафтно-географического разнообразия ксилотрофных грибов могут быть использованы для оценки трансформации грибных сообществ под влиянием климатических и антропогенных факторов.

## **ЛИТЕРАТУРА**

[1]Мухин, В.А., Воронин, П.Ю. 2007. Микогенное разложение древесины и эмиссия углерода в лесных экосистемах. - Экология 1, 24-29.

- [2]Кудеяров, В.Н., Заварзин, Г.А., Борисов, А.В., Воронин, П.Ю., Демкин, В.А., Демкина, Т.С., Евдокимов, И.В., Замолодчиков, Д.Г., Карелин, Д.В., Комаров, А.С., Курганова, И.Н., Ларионова, А.А., Лопес де Гереню, В.О., Уткин, А.И., Чертов, О.Г. 2007. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России. М.: Наука, 315 с.
- [3]Замолодчиков, Д.Г. 2009. Оценка пула углерода крупных древесных остатков в лесах России с учетом влияния пожаров и рубок. Лесоведение 4, 3-15.
- [4]Заварзин, Г.А., Заварзина, А.Г. 2009. Ксилотрофы и микофильные бактерии при образовании дистрофных вод. - Микробиология 78 (5): 579-591.
- [5]Заварзин, Г.А. 2006. Углеродный баланс России. - В кн.: Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий: проблема Киотского протокола: материалы Совета-семинара при президенте РАН (под ред. Ю.А. Израэля). М., С. 134-151.
- [6]Мухин, В.А. 2015. Дереворазрушающие грибы – современная экологическая парадигма. - Биоразнообразие и экология грибов и грибоподобных организмов Северной Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием, Екатеринбург: Издательство Уральского университета, С. 170-173.
- [7]Голмачев, А.И. 1974. Введение в географию растений. - Л.: Изд-во ЛГУ, 244 с.
- [8]Мухин, В.А. 1993. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука, 230 с.
- [9]Мухин, В.А. 1979. Особенности экологических ниш березового и настоящего трутовика (трофический аспект). - Экология 3, С. 83-85.
- [10]Степанова, Н. Т., Мухин, В.А. 1979. Основы экологии дереворазрушающих грибов. М.: Наука, 100 с.
- [11]Стороженко, В. Г. 2001. Датировка разложения крупных древесных остатков в лесах различных природных зон. - Лесоведение 1, 49-53.
- [12]Shorohova, E., Kapitsa, E., Vanha-Majamaa, I. 2008. Decomposition of stumps in a chronosequence after clear-felling vs. clear-felling with prescribed burning in southern boreal forest in Finland. - Forest Ecology and Management 255, 3606-3612.
- [13]Gough, C.M., Vogel, C.S., Kazanski, C., Nagel, L., Flower, C.E., Curtis, P.S. 2007. Coarse woody debris and carbon balance of north temperate forest. - Forest Ecology and Management 244, 60-67.
- [14]Zhou, Li, Dai, Li-min, Gu, Hui-yan, Zhong, Lei. 2007. Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem. - Journal of Forestry Research 18 (1): 48-54.
- [15]Chambers, J.Q., Schmel, J.P., Nobre, A.D. 2001. Respiration from coarse wood litter in central Amazon forests. - Biogeochemistry 52, 115-131.
- [16]Marra, J. L., Edmonds, R.L. 1994. Coarse woody debris and forest floor respiration in an old-growth coniferous forest on the Olympic Peninsula, Washington, USA. Can. J. Forest Res. 24, 1811–1817.
- [17]Сафонов, С.С., Карелин, Д.В., Грабар, В.А., Латышев, Б.А., Грабовский, В.И., Уварова, Н.Е., Замолодчиков, Д.Г., Коротков, В.Н., Гитарский, М.Л. 2012. Эмиссия углерода от разложения валежа в южнотаежном ельнике. - Лесоведение 5, 44-49.
- [18]Суворов, П. А. 1968. Некоторые итоги изучения биологии дереворазрушающих грибов. - Уч. зап. Горьк. ун-та. 90, 140-143.
- [19]Henningsson, B. 1965. Physiology and decay activity of the birch conk fungus *Polyporus betulinus* (Bull.) Fr. Stud. forest. Sues 34, Stockholm, 77 p.
- [20]Мухин, В.А., Диярова, Д.К. Микогенное разложение древесины: активность окислительной конверсии органического углерода. 2011. - Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны: тезисы докладов международной научной конференции, Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, С. 85-86.
- [21]Диярова, Д.К., Мухин, В.А. Углерод-конверсионная активность и эффективность ксилотрофных базидиомицетов. 2015. - Биоразнообразие и экология грибов и грибоподобных организмов Северной Евразии: материалы всероссийской конференции с международным участием, Екатеринбург, С. 72-74.
- [22]Robinson, D. 2001.  $\delta^{15}\text{N}$  as an integrator of the nitrogen cycle. – TRENDS in Ecology & Evolution 16 (3): 153–162.
- [23]Тиунов, А.В. 2007. Стабильные изотопы углерода и азота в почвенно-экологических исследованиях. - Изв. РАН. Сер. Биол. 4, 475-489.
- [24]Mukhin, Victor A., Diyarova, Daria K. 2015. Wood-decaying fungi and the carbon cycle of forest ecosystems. - Forestry: bridge to the future: international scientific conference, Sofia, Bulgaria. Sofia: University of forestry, P. 80-81.



[25]Mukhin, V.A., Voronin, P.Yu., Velivetskaya, T.A., Ignat'ev, A.V. 2014. Stable nitrogen isotope ratio in wood substrates and xylophilic fungi in forest ecosystems of Western Siberia. - Russian Journal of Ecology 45 (6): 539-546.

[26]Mukhin, V.A., Voronin, P.Yu., Velivetskaya, T.A., Ignat'ev, A.V. 2014. Stable carbon isotope ratio in xylophilic fungi and their substrates. - Russian Journal of Ecology 45 (1): 11-17.

#### **Chapter I/74: SELECTING COST EFFECTIVE AND POLICY-RELEVANT BIOLOGICAL INDICATORS FOR LANDSCAPE MONITORING OF SOIL BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM FUNCTION**

**Глава I/74: Выбор эффективных и полис соответствующих биологических показателей для ландшафтного мониторинга биоразнообразия почв и функции экосистем**

**Bryan S. Griffiths**

DOI 10.25680/8401.2018.34.88.074

Email: [Bryan.Griffiths@sruc.ac.uk](mailto:Bryan.Griffiths@sruc.ac.uk)

SRUC, Crop and Soil Systems Research Group, West Mains Road, Edinburgh EH 9 3 JG, UK.

**ABSTRACT.** Soils provide many ecosystem services that are ultimately dependent on the local diversity and belowground abundance of organisms. Soil biodiversity is affected negatively by many threats and there are increased policy requirement for the effective biological monitoring of soils at a landscape scale. This paper considers the use of indicators from the 'top down' (i.e. concerned with the process of indicator selection), rather than from the 'bottom up' detail of how individual indicators perform at specific sites and with specific treatments. The indicators were tested at 6 European experimental sites already in operation and chosen according to land-use, climatic zone and differences in land management intensity. For monitoring under the European climatic zones and land uses of this study, indicators for ecosystem functions related to the services of water regulation, C-sequestration and nutrient provision would include a minimum suite of: earthworms; functional genes; and bait lamina. For effective monitoring of biodiversity all taxonomic groups would need to be addressed.

**Резюме.** Почвы выполняют множество экосистемных функций, характер которых, в конечном счете, зависит от местного разнообразия и обилия почвенных организмов. На биоразнообразии почвы негативно сказывается множество угроз и возникает повышенная потребность в разработке методов для эффективного биологического мониторинга почв в масштабе ландшафта. В этой главе рассматривается использование индикаторов «сверху вниз» (т. е. - связано с процессом выбора индикатора), а не «снизу вверх», и детально показано, как отдельные индикаторы работают на конкретных объектах и с конкретными методами лечения. Показатели были протестированы на уже имеющихся в эксплуатации 6 европейских экспериментальных площадках, и выбраны в зависимости от землепользования, климатической зоны и различий в интенсивности землепользования. Для целей мониторинга в европейских климатических зонах и землепользованиях в рамках настоящего исследования проведено изучение функций экосистем, связанных с функциями регулирования воды, секвестрацией С, обеспечением питательными веществами использованием минимального набора показателей: дождевые черви, функциональные гены, тесты на приманку. Для эффективного мониторинга биоразнообразия необходимо будет рассмотреть все таксономические группы.

**KEYWORDS:** Climatic zone; Ecosystem services; Landscape scale; Land use; Logical sieve; Soil fauna; Soil microbiology

**Ключевые слова:** Климатическая зона; Экосистемные услуги; Ландшафтная шкала; Землепользование; Логическое сито; Почвенная фауна; Почвенная микробиология