

УДК 630*114.6:630*221.001.891.57(470.22)
DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.17

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ В ПРОЦЕССЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ СОСНОВОГО ДРЕВОСТОЯ

М. В. Медведева, Ю. С. Кудинова

Институт леса Карельского научного центра РАН,
185030, Российская Федерация, Петрозаводск, пр. Александра Невского, 50
E-mail: mariamed@mail.ru

В условиях долгосрочного модельного эксперимента исследована биологическая активность почв, сформировавшихся в процессе естественного лесовосстановления соснового древостоя (30 % выборка деревьев и 100 % удаление древостоя). Исследования проводили в буферной зоне заповедника «Кивач», расположенного в среднетаёжной подзоне Карелии. Оценку почв трансформированных экосистем проводили на основе анализа структурно-функциональной организации микробиоценоза. Установлено изменение численности и состава, ферментативной активности почв, подверженных разной степени вырубке древостоя. Полученные данные можно рекомендовать использовать в мониторинговых исследованиях почв лесных экосистем.

Ключевые слова: среднетаёжная подзона Карелии; лесные почвы; вырубка древостоев; эколого-трофические группы микроорганизмов; ферментативная активность почв.

Введение. Для предотвращения деградации почв в результате несоблюдения принципов рационального природопользования процесса необходимо исследование всех компонентов лесного биогеоценоза на фоне антропогенного воздействия. В Карелии одним из значимых по масштабам и силе проявления данного воздействия на лесные экосистемы являются вырубки, которые приводят к нарушению всех уровней их организации. Микроорганизмы являются ключевым биотическим компонентом лесных экосистем, поэтому нарушение их эколого-трофической структуры и дестабилизация состояния возможны на ранних стадиях послерубочной сукцессии [1]. Также на фоне антропогенного пресса изменяется и ферментативная активность почв, как один из постоянных регуляторов потока вещества [2]. В связи с этим использование биологической активности почв в качестве индикатора состояния природной среды яв-

ляется актуальным при решении общетеоретических и практических задач. Это связано с тем, что, во-первых, исследуются механизмы восстановления лесного биогеоценоза к новым эдафическим условиям, во-вторых, решается задача оптимизации микробиоты почв. Последнее является важной составляющей формирования защитных свойств леса от различных болезней и вредителей. Нерешённость вопросов, связанных с направленностью структурно-функциональной перестройки микробного сообщества почв при антропогенной сукцессии хвойного древостоя, определила значимость данных исследований.

Цель работы – изучить изменение биологической активности почв в процессе естественного восстановления лесного сообщества (30 % изреживание и полное удаление древостоя) и сравнить с микробными сообществами почв ненарушенных лесных экосистем.

© Медведева М. В., Кудинова Ю. С., 2017.

Для цитирования: Медведева М. В., Кудинова Ю. С. Изменение биологической активности почв в процессе естественного лесовосстановления соснового древостоя // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2017. № 1 (33). С. 17–25. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.17

Данная работа стала одним из этапов полевого модельного эксперимента, который был выполнен сотрудниками Института леса КарНЦ РАН. Спецификой данного эксперимента являлось создание трансформированной экосистемы, восстановление которой наблюдаем в течение двух десятков лет. Модельный эксперимент даёт возможность проводить регулярный мониторинг, выявлять эколого-трофическую структуру микробного сообщества на различных этапах становления лесного сообщества.

Методика и объекты исследования. Исследования проводили в буферной зоне заповедника «Кивач», расположенного в среднетаёжной подзоне Карелии. Уникальность данного заповедного участка заключается в том, что, с одной стороны, биогеоценотические условия являются распространёнными в среднетаёжной подзоне Карелии, вместе с тем, создаются и специфические эдафифитоценотические условия, обуславливающие направленность почвообразовательных процессов. Почвенный покров заповедника неоднородный, почвообразующими процессами являются подзоло- и глееобразование, торфонакопление. При оптимальном гидротермическом режиме и химическом составе почвообразующих пород формируются почвы, для которых характерно подбурообразование. Подробное описание почвенного покрова заповедника «Кивач» можно найти в [3].

В буферной зоне заповедника «Кивач» на двух типовых пробных площадях (ТПП) в 1984 году в сосняке черничном было проведено 30 % изреживание и полное удаление древостоя. Контролем служил ненарушенный 65-летний сосняк черничный. Согласно описаниям [4], почва – иллювиально-железистый подзол песчаный, сформировавшийся на озёрно-ледниковых глинистых отложениях. Почва имеет следующее морфологическое строение: А0-А2-Bf-B2-BC-C. Для почв характерны высокая кислотность, низкая степень насыщенности основаниями, рас-

пределение углерода и азота по профилю почв является типичным для почв данного типа: максимальное содержание в верхнем органогенном горизонте, в глубь почвенной толщи оно резко падает. Необходимо отметить, что на участке со 100 % вырубкой за эти годы происходила сукцессия растительного сообщества и на современном этапе он представлен березняком разнотравным. Объектом исследования были микробоценозы почв. Отбор проб для микробиологических анализов проводился по традиционной методике [5]. Исследовали верхний органогенный (лесная подстилка – А0) и минеральный горизонты. Биологическую активность почв оценивали, используя комплексный подход, который предполагал использование аппликационных полевых методов *in situ*, а также лабораторных. Учёт численности микроорганизмов различных функциональных групп, трофическую и таксономическую структуру микробоценозов проводили методом посевов на селективные питательные среды. Количество бактерий, использующих органические формы азота, учитывали на мясо-пептонном агаре (МПА), ассимилирующие минеральный азот – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), бациллы – на среде МПА + сусло-агар, олигонитрофилы – на среде Эшби, олиготрофные микроорганизмы – на почвенном агаре (ПА). Численность актиномицетов определяли на КАА. Комплекс целлюлозоразрушающих микроорганизмов (КЦМ) изучался на среде Гетчинсона. Микроскопические грибы подсчитывали на сусло-агаре с лимонной кислотой. Численность микроорганизмов выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) на грамм а.с. почвы, а также был произведён пересчёт на см² почвы. Интенсивность микробиологических процессов оценивали с помощью коэффициентов минерализации $K_{мин}$ [иммобилизаторы/аммонификаторы], олиготрофности $K_{олиг}$ [олиготрофы/аммонификаторы], а также микробиологической трансформации растительных остатков P_m [(аммони-

фикаторы + иммобилизаторы)] x аммонификаторы / иммобилизаторы) [6].

Результаты исследований. Как показали результаты многолетних исследований, прослеживается четкое горизонтальное расчленение микробиологического профиля почв: наиболее высокий запас микроорганизмов установлен в верхнем горизонте почв, далее в глубь почвенной толщи отмечается постепенное его снижение (табл.1). При этом доминирующее положение в микробном сообществе изучаемых почв контрольного участка занимает бактериальный комплекс. Численность бактерий, осуществляющих превращение элементов-биофилов, высокая. В целом, выявлено закономерное однонаправленное изменение численности микроорганизмов и содержания углерода по профилю почв, что согласуется с данными [4].

В подзолистом горизонте складываются иные, отличные от верхнего органо-генного горизонта, эколого-трофические

условия для микробиоты. При этом можно отметить, что численность микроорганизмов в пересчете на 1 см² почвы изучаемых групп более высокая в минеральном горизонте почв. Здесь можно согласиться с мнением д-ра биол. наук Г. А. Евдокимовой и д-ра биол. наук Н. П. Мозговой, что в лесных подстилках существует комплекс абио-биотических факторов, который может оказывать неблагоприятное влияние на микробценоз: высокая кислотность, более резкое дневное и сезонное изменение влажности и температуры, а главное – наличие кислотообразующих веществ-ингибиторов и широкий диапазон элементов – органо-трофов (C/N) [7]. Однако, несмотря на сложное имманентное состояние педосреды, доля микромицетов в микробном комплексе не высокая, их численность изменяется от 374 тыс. КОЕ/см² абсолютно сухой почвы и более низких значений.

Таблица 1

Характеристика микробных сообществ почв, находящихся на различных стадиях восстановления фитоценоза, тыс. КОЕ/см² почвы

Бактерии				Микромицеты	КЦМ	
аммонифицирующие		усваивающие минеральный азот	олиго-нитрофильные			олиготрофы
всего	споровые					
Сосняк черничный 65-летний, контроль						
A0						
<u>714-1269</u> 1424	<u>84-406</u> 209	<u>467-964</u> 691	<u>743-2208</u> 1318	<u>120-1878</u> 1088	<u>6-104</u> 60	< 5
A2						
<u>66-116</u> 87	<u>9-20</u> 15	<u>20-58</u> 40	<u>58-148</u> 110	<u>23-72</u> 55	<u>6-41</u> 17	< 12
Сосняк черничный 65-летний, 30 % выборка						
A0						
<u>482-777</u> 593	<u>16-233</u> 113	<u>266-456</u> 373	<u>699-2247</u> 1323	<u>99-1420</u> 760	<u>6-140</u> 90	< 1
A2						
<u>78-386</u> 234	<u>20-39</u> 24	<u>73-102</u> 93	<u>132-493</u> 298	<u>29-142</u> 68	<u>5-137</u> 43	< 5
Выборка 100 %						
A0						
<u>492-13376</u> 6867	<u>62-5746</u> 2149	<u>205-16485</u> 5856	<u>1018-11115</u> 4152	<u>128-2232</u> 1364	<u>8-160</u> 69	<u>2-75</u> 3
A2						
<u>180-12830</u> 4752	<u>25-5169</u> 2254	<u>90-1427</u> 5382	<u>514-11160</u> 4799	<u>64-2952</u> 1066	<u>4-788</u> 374	<u>1-29</u> 14

Примечание: над чертой – размах колебаний численности, под чертой – средние данные.

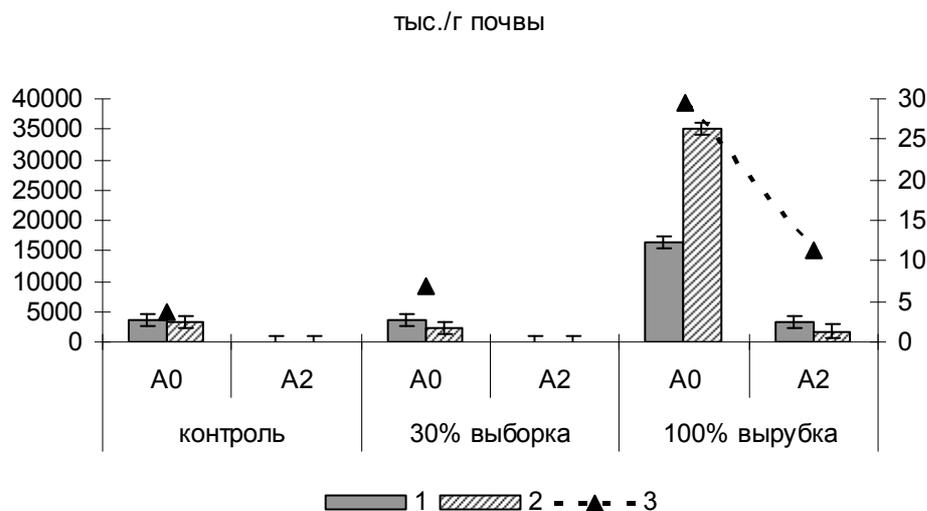


Рис. 1. Эколого-трофическая структура микробиоценоза почв исследуемых лесных экосистем. На левой оси ОУ представлены бактерии, утилизирующие органические соединения азота (1); бактерии, использующие минеральные формы азота (2); на правой оси ОУ—комплекс целлюлозоразрушающих микроорганизмов (3)

Сопоставление результатов микробиологических анализов на современном этапе развития фитоценоза, данных 2016 года даёт чёткую картину более высокой численности и активности микроорганизмов, осуществляющих круговорот биогенных элементов в почве, находящейся на стадии восстановления (рис. 1). Это обусловлено тем, что на этапе сукцессионного развития древостоя «мягкий» берёзовый опад улучшает лесорастительные свойства почв, стимулирует микробиологическую активность.

Данные аппликационных полевых методов свидетельствуют о невысокой цел-

люлозолитической активности почв (табл. 2). Особенно низкие значения выявлены в минеральном горизонте почв, сформировавшихся под сосняками. Возможно, это может быть одним из способов адаптации хвойного древостоя к условиям умеренного климата: высокая кислотность опада оказывает ингибирующее влияние на подстилочные деструкторы, поэтому их численность не высокая. Последнее создаёт предпосылки не только для формирования пула макро- и микроэлементов в лесных подстилках, а также аккумуляции собственно гумусового вещества, не доступного для микробиологической деструкции [8].

Таблица 2

Микробиологическая активность почв естественных и трансформированных лесных экосистем

Вариант опыта	Горизонт почв	Коэффициент			Относительная биогенность почв	Целлюлозолитическая способность, %
		$K_{\text{мин}}$	$K_{\text{олиг}}$	$\Pi_{\text{м}}$ ($\times 10^3$)		
Контроль	A0	0,48	0,76	4,23	23,5	60,7
	A2	0,46	0,63	0,28	5,2	50,2
30 %-я выборка	A0	0,62	1,28	1,54	6,6	65,0
	A2	0,39	0,29	0,82	5,3	52,6
Вырубка 100 %	A0	0,85	0,19	14,92	70,2	78,1
	A2	1,13	0,22	8,95	12,6	61,0

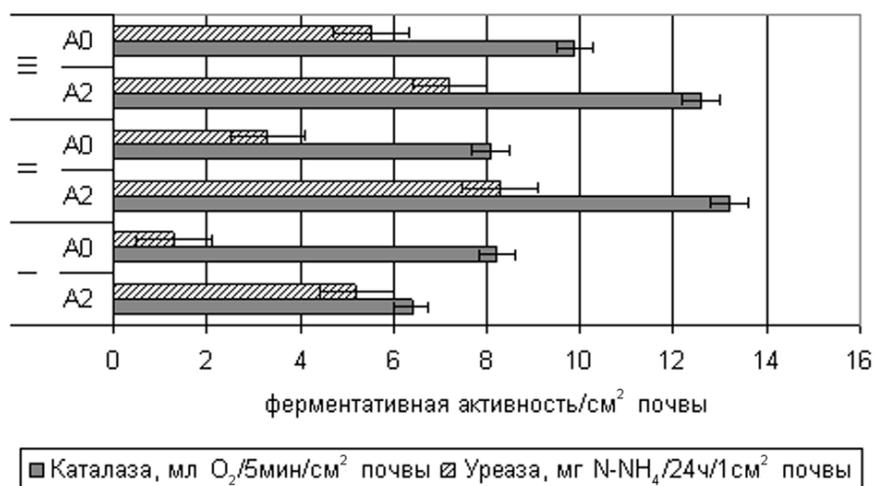


Рис. 2. Ферментативная активность почв в зависимости от степени вырубki древостоев: I – контроль, II – 30 % удаление древостоя, III – 100 % удаление древостоя

Как отмечено выше, восстановление соснового древостоя после 100 % вырубki пошло по пути быстрого развития березняка разнотравного. Это может быть косвенным подтверждением того, что, несмотря на изменение целостности структуры и состава биогеоценоза, на первых этапах его восстановительной сукцессии происходит использование резерва элементов минерального питания лесных подстилок. Однако вследствие нарушения морфологического профиля почв возможно изменение микробиологической активности в различных горизонтах, формируется иной пул микроорганизмов, функциональная активность которого, как свидетельствуют полученные данные, более высокая (рис. 2).

Прежде всего, отмечали увеличение гетеротрофных микроорганизмов в почвах, сформировавшихся в берёзовом древостое. На данном участке наблюдали более высокую численность аммонифицирующих бактерий. Как известно, органическое вещество – важная основа для жизни микромира почв. Процесс его минерализации зависит от соотношения азота и углерода, при соотношении шире, чем 20, аммоний не высвобождается в воздушную среду, а используется биомассой микроорганизмов [9]. В нашем случае отношение составляло меньше 20, что свидетельствовало о напряжённости ми-

нерализационных процессов. При этом обнаружили более интенсивное развитие спорообразующих форм бактерий, осуществляющих более глубокую трансформацию азотсодержащих веществ. Подтверждением этого является преобладание численности бактерий, использующих минеральные соединения азота, над микроорганизмами, потребляющими органические формы азота. Однако, в целом, исследуемые почвы березняка разнотравного и соснового древостоя характеризуются невысокой трофностью, так как численность микроорганизмов-олиготрофов, использующих мономерные вещества при низком их содержании, высокая. Это во многом связано с химическим составом почвообразующих пород, бедных по содержанию щелочных и щёлочно-земельных металлов, недостатком солнечной энергии, поступающей в экосистему, качеством опада растений [4].

На начальном этапе развития берёзового древостоя активное вовлечение фито- и микробценозом элементов минерального питания, резервируемых лесными подстилками, в природный круговорот веществ, может привести к истощению почв. Последнее станет причиной развития токсинобразующих биотипов в микробном сообществе, повлечёт за собой ухудшение условий произрастания растений, снижения

плодородия почв. В связи с этим экологически нецелесообразно использовать в лесохозяйственных мероприятиях молодой древостой, проведение в этот период лесоводственных мероприятий неблагоприятно для почв, так как делает уязвимыми их к антропогенному воздействию. Стабилизация состояния микробного сообщества будет происходить постепенно, что потребует использования дополнительных энергетических источников для их развития, а следовательно, «расширения» метаболических путей превращения субстратов в почве. При этом можно предположить, что лигнифицированная масса порубочных остатков, поступающих в почву, а также корневой опад могут провоцировать развитие микроорганизмов, способных как к их утилизации, так и продуцированию экзосубстратов, способных «повышать выживаемость», потенциал всего микробного сообщества [10]. Это наблюдали в древостое с 30 % выборкой. И здесь возможно формирование четкой комплементарности процессов синтеза-распада органического вещества в почве, генетическая детерминированность процесса. Возрастание ферментативной активности также свидетельствует об изменении направленности трансформации органического вещества в почве [11].

В целом, механизм полифункционального воздействия вырубki на мик-

робную компоненту почв можно представить схемой (рис. 3), блоки которой определены в работе [12].

Изменение численности микроорганизмов важнейших эколого-трофических групп свидетельствует о нарушении трансформации органического вещества, изменении трофических связей в биоценозе. В результате удаления древесных растений (полное или выборочное) изменяется круговорот питательных элементов, продуктивность фитоценоза нарушается, показатель трансформации растительных остатков в почве увеличивается в ряду: контроль < 30 % выборка < 100 % удаление древостоя. Эффект последствия антропогенного влияния может проявляться спустя несколько лет в виде минерализации медленно минерализуемой мортмассы, изменении общего биологического потенциала почв, формировании иного пула ферментов. Химический состав органического вещества, поступающего в экосистему, определяет его доступность для микроорганизмов, что, в конечном итоге, становится причиной сукцессионных изменений в микробном сообществе в процессе его трансформации. Это отразится на протекторных свойствах почв, повлияет на их плодородие, а следовательно, спектр используемых биоиндикаторов может быть иным [13].

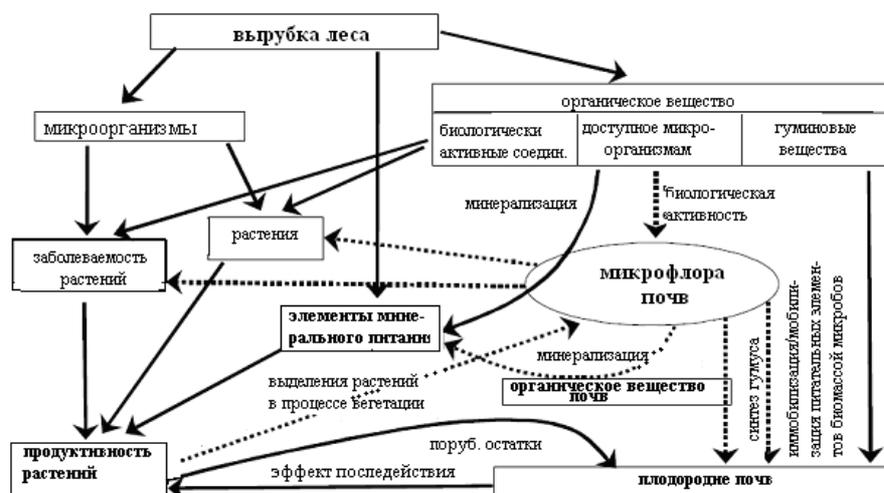


Рис. 3. Полифункциональное воздействие вырубki древостоя на биогеоценоз (схема Arkhipchenko, Orlova [12] изменена с использованием полученных нами данных)

Заключение. Таким образом, проведенные микробиологические исследования почв сосновых древостоев, подверженных вырубкам различной интенсивности, позволили выявить изменения их структурно-функциональной организации. Установлено изменение численности микроорганизмов, осуществляющих круговорот элементов-органотрофов, активности ферментов. Изменение коэффициентов биогенности почв ($K_{\text{мин}}$, $K_{\text{олиг}}$, $\Pi_{\text{м}}$) свидетельствует об

изменении направленности трансформации органического вещества в изучаемых почвах. Чувствительность и информативность отдельных звеньев трофоцепи к антропогенному воздействию можно использовать в качестве биоиндикатора состояния лесных экосистем. При этом необходимо создание системы постоянного микробиологического мониторинга антропогенно нарушенных почв на различных этапах восстановления лесного сообщества.

Предоставленный материал был получен при выполнении государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (0220-2014-0006) с использованием оборудования ЦКП «Аналитическая лаборатория» ИЛ КарНЦ РАН.

Список литературы

1. Микробные сообщества подзолистых почв на вырубках среднетаежных еловых лесов / Ю.А. Виноградова, Е.М. Лаптева, Е.М. Перминова и др. // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т.16. № 5. С. 74-80
2. Caldwell B.A. Enzyme activity as component of soil biodiversity: a review // Pedobiologia. 2005. Vol. 49. Pp. 637-644.
3. Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги (под ред. Н.Г.Федорец). М.: Наука, 2006. 287 с.
4. Каченко Ю.Н., Федорец Н.Г. Содержание микроэлементов в подзолистых песчаных почвах сосняков-черничников, пройденных рубками различной интенсивности // Лесное хозяйство. 2008. № 2. С. 28-30.
5. Методы микробиологии и биохимии (под ред. Д.Г.Звягинцева). М.: МГУ, 1991. 304 с.
6. Гордеева Т.Х., Малюта О.В., Гавришкова Н.Н. Микробиологическая индикация почвенно-экологических условий при использовании нетрадиционных мелиорантов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 1 (17). С. 81-91.
7. Евдокимова Г.А., Мозговая Н.П. Микрофлора почв тундровой зоны Кольского полуострова // Почвоведение. 1995. № 12. С. 1478-1497.
8. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ, 1987. 356 с.
9. Remes J., Sisa R. Biological activity of anthropogenic soils after spoil-bank forest reclamation // Journal of Forest Science. 2007. Vol. 53. Pp. 299-307.
10. Влияние загрязнения почвы на состав микробного сообщества / Панов А.В., Есикова Т.З., Соколов С.Л. и др. // Микробиология. 2013. Т. 82. № 2. С. 239-246.
11. Blonska E. Soil enzyme activity as indicator of changes in forest soil // Polish journal of soil science 2011, VXLIV/I. Pp.75-80.
12. Arkhipchenko I.A., Orlova O.V. Peculiarities of the action of microbial fertilizers from livestock waste in "soil-plant-microorganisms" system // Nutrient and Carbon Cycling in Sustainable Plant-Soil Systems/ Sustainable organic waste management for environmental protection and food safety. Network on the Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Proceedings of the 11th International Conference of the FAO ESCORENA Spain, 6-9 October 2004, Vol. I. Ramiran 2004. Интернет ресурсы <https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.ramiran.net%2Fdoc04%2FProceedings%252004%2FArkhipchenko.pdf&name=Arkhipchenko.pdf&lang=en&c=56fe13a82bbf> (Дата обращения: 01.04.16).
13. Biological soil quality indicators: a review / Martinez-Salgado M.M, Gutierrez-Romero V., Janssens M., Ortega-Blu R. // Current research, Technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology. Méndez-Vilas, Spanish: Microbiology book series. 2010. No 2. Pp. 319-326.

Статья поступила в редакцию 21.04.16.

Информация об авторах

МЕДВЕДЕВА Мария Владимировна – кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории лесного почвоведения, Институт леса Карельского научного центра РАН. Область научных интересов – почвенная микробиология, биохимия, биоиндикация, экология. Автор 125 публикаций.

КУДИНОВА Юлия Сергеевна – ведущий химик лаборатории лесного почвоведения, Институт леса Карельского научного центра РАН. Область научных интересов – химия почв, индикация, экология.

UDC 630*114.6:630*221.001.891.57(470.22)
DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.17

CHANGE IN BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL IN THE PROCESS OF PINERY NATURAL REGENERATION

M.V. Medvedeva, Iu.S. Kudinova

Forest Research Institute of Karelian Research Centre
Russian Academy of Sciences,
50, Aleksandr Nevsky Prospect, Petrozavodsk, 185030, Russian Federation
E-mail: mariamed@mail.ru

Key words: middle taiga subzone of Karelia; forest soil; stand clearance; trophic groups of microorganisms; enzyme activity of soil.

ABSTRACT

Introduction. The use of biological activity of soil as an indicator of environmental control is relevant when addressing general theoretical and practical tasks: mechanism of forest biogeocenosis recovery as related to the new edaphic conditions and optimisation of soil microbiota. The work aims to research into the changes of biological activity of soil in the process of the natural recovery of the forest community. **Materials and methods.** The research was carried out in the buffer zone of Kivach State Nature Reserve located in middle subzone of European taiga in Karelia. Within a long-term model experiment we researched into the biological activity of soil, developed as a result of natural pine-wood regeneration (30 % sampling followed by clear cutting). Environmental control was imposed on undisturbed 65 year old myrtillus pinery. Soil was represented by illuvial ferriferous sandy podzol formed on glacial silts. Soil evaluation on transformed forest ecosystems was carried out based on the analysis of structural and functional organization of microbiota. Evaluation of microbial abundance of various functional groups as well as trophic and taxonomic structure of microbiota was carried out by means of laboratory-based seeding method in selective nutrient medium as well as by field application. **Results.** As a result of research we defined the changes in quantity and contents of microorganisms pertaining to important environmental-trophic groups, soil enzyme activity (catalase, urease, protease) exposed to various degree of clear-felling. In the model field experiment we revealed velocity variations of cellulose bed mineralization in soil. Sensitivity and information capacity of microbiological indicators as related to anthropogenic impact can be used as a biological indicator of the natural environment condition. It is deemed necessary to establish a system for continuous microbiological monitoring of anthropogenically disturbed soil at different stages of forest regeneration.

The research results described in the paper were obtained when carrying out a state task of the Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences (0220-2014-0006) using the equipment of the shared knowledge center «Analytical laboratory» of the Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences.

REFERENCES

1. Vinogradova Iu.A., Lapteva E.M., Perminova E.M. et al. Mikrobnye soobshchestva podzolistykh pochv na vyrubkakh srednetaezhnykh elovykh lesov [Microbial communities of podzol soil in clearly felled middle taiga spruce forest]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestiya of Samara Research Center of the Russian Academy of Science]. 2014. Vol. 16. No 5. Pp. 74-80.
2. Caldwell B.A. Enzyme activity as component of soil biodiversity: a review. *Pedobiologia*. 2005. Vol. 49. Pp. 637-644.
3. Raznoobrazie pochv i bioraznoobrazie v lesnykh ekosistemakh sredney taygi [Diversity of soil and biodiversity in the forest ecosystems of the middle taiga]. Edited by N.G.Fedorets. Moscow: Nauka, 2006. 287 p.
4. Tkachenko Iu.N., Fedorets N.G. Soderzhanie mikroelementov v podzolistykh peschanykh pochvakh sosnyakov-chernichnikov, proydennykh rubkami razlichnoy intensivnosti [Contents of microelements in podzol sandy soil of myrtillus pinery, exposed to selective cutting]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2008. No 2. Pp. 28-30.
5. Metody mikrobiologii i biokhimii [Microbiological and biochemical methods]. Edited by D.G.Zvyagintseva. Moscow: Moscow State University, 1991. 304 p.

6. Gordeeva T.Kh, Mal'yuta O.V., Gavritskova N.N. Mikrobiologicheskaya indikatsiya pochvenno-ekologicheskikh usloviy pri ispolzovanii netraditsionnykh meliorantov [Microbiological indicators of soil and environmental conditions when applying non-conventional ameliorants]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest, Ecology. Nature Management]. 2013. No 1. Pp. 81-91.

7. Evdokimova G.A., Mozgovaya N.P. Mikroflora pochv tundrovoy zony Kolskogo poluostrova [Soil microflora in the tundra zone of the Kola Peninsula]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 1995. No 12. Pp. 1478-1497.

8. Zvyagintsev D.G. *Pochva i mikroorganizmy* [Soil and Microorganisms]. Moscow: Moscow State University, 1987. 356 p.

9. Remes J., Sisa R. Biological activity of anthropogenic soils after spoil-bank forest reclamation. *Journal of forest science*. 2007. Vol. 53. Pp. 299-307.

10. Panov A.V., Esikova T.Z., Sokolov S.L. et al. Vliyanie zagryazneniya pochvy na sostav mikrobnogo soobshchestva [The impact of soil pollution on the composition of microbiological community]. *Mikro-*

biologiya [Microbiology]. 2013. Vol. 82. No 2. Pp. 239-246.

11. Blonska E. Soil enzyme activity as indicator of changes in forest soil. *Polish journal of soil science* 2011, VXLIV/I. Pp.75-80.

12. Arkhipchenko I.A., Orlova O.V. Peculiarities of the action of microbial fertilizers from livestock waste in "soil-plant-microorganisms" system // Nutrient and Carbon Cycling in Sustainable Plant-Soil Systems/ Sustainable organic waste management for environmental protection and food safety. Network on the Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture .Proceedings of the 11th International Conference of the FAO ESCORENA Spain, 6-9 October 2004, Vol. I. Ramiran 2004. Интернет ресурсы <https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.ramiran.net%2Fdoc04%2FProceedings%252004%2FArkhipchenko.pdf&name=Arkhipchenko.pdf&lang=en&c=56fe13a82bbf> (Reference date 01.04.16).

13. Martinez-Salgado M.M, Gutierrez-Romero V., Janssens M., Ortega-Blu R. Biological soil quality indicators: a review. *Current research, Technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology*. Méndez-Vilas, Spanish: Microbiology book series. 2010. No2. Pp. 319-326.

The article was received 21.04.16.

Citation for an article: Medvedeva M.V., Kudinova Iu.S. Change in Biological Activity of Soil in the Process of Pinery Natural Regeneration. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2017. No 1(33). Pp. 17-25. DOI: 10.15350/2306-2827.2017.1.17

Information about the authors

MEDVEDEVA Mariia Vladimirovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Research Fellow of Forest Soil Science Laboratory, Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences. Research interests – soil microbiology, biochemistry, biological indicators, ecology. Author of 125 publications.

KUDINOVA Iuliia Sergeevna – Chief Chemist of Forest Soil Science Laboratory, Forest Research Institute of Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences. Research interests – chemistry of soil, indicators, ecology.