

УДК 631.417.1

DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.21

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ю. П. Демаков^{1,2}, Н. Б. Нуреев²

¹Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»,
Российская Федерация, 424038, Йошкар-Ола, ул. Воинов-Интернационалистов, 26

²Поволжский государственный технологический университет,
Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3
E-mail: DemakovYP@volgatech.net

На основе сформированной электронной базы данных оценены пределы изменчивости биологической активности почв лесных биогеоценозов Среднего Поволжья и установлены детерминирующие её факторы. Сделан вывод о том, что на интенсивность выделения CO₂ из подстилок и почв в лабораторных условиях, косвенно отражающего их биологическую активность, статистически значимое влияние оказывает содержание органического вещества и значение pH KCl-вытяжки. Выявлено, что величина биологической активности почв изменяется в очень больших пределах, но довольно чётко изменяется по глубине профиля, достигая наивысших значений в слое лесной подстилки мягколиственных древостоев.

Ключевые слова: Среднее Поволжье; лесные биогеоценозы; почвы; биологическая активность; физические и химические свойства; статистическая оценка; взаимосвязи; математические модели.

Введение. Глобальное потепление климата Земли, которое во многом связано с увеличением концентрации в её атмосфере диоксида углерода и других парниковых газов [1], является в настоящее время уже неопровержимым фактом. Причинам и последствиям этого феномена посвящено в настоящее время довольно много противоречивых публикаций [2–7], однако, по мнению большинства учёных [8–13], важнейшая роль лесов, особенно бореальных, в глобальном круговороте и балансе углерода неоспорима. Задача по оценке поглощения лесами парниковых газов становится, в связи с этим, одной из наиболее актуальных, особенно для России.

Большую роль в процессе депонирования углерода играют почвенные микроорганизмы, интегральным показателем функциональной активности которых служит их дыхание, оцениваемое через

количество выделенного ими углекислого газа. Этот источник выделения CO₂ в атмосферу не является, по мнению Л.А. Позднякова [14], в полной мере естественным, поскольку его активность сильно возросла в последнее время под действием хозяйственной деятельности человека, изменившей в результате вырубки лесов, распашки земель, осушения болот и изменения климата не только облик ландшафтов, но и условия существования микробных сообществ. Исследования факторов, влияющих на развитие почвенной микробиоты, имеют фундаментальное значение и давно привлекают внимание исследователей [15–43], установивших, что биологическая активность почв весьма динамична и имеет суточные, сезонные и многолетние колебания, связанные с изменениями факторов среды. Активность почвенной микробиоты, во многом определяющей продуктивность

© Демаков Ю. П., Нуреев Н. Б., 2018.

Для цитирования: Демаков Ю. П., Нуреев Н. Б. Биологическая активность почв лесных биогеоценозов Среднего Поволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 4 (40). С. 21–33. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.21

фитоценозов, зависит от температуры, влажности и кислотности почв, а также доступного для микроорганизмов органического вещества и видового состава растительности. Эмиссия CO_2 почвами лесных экосистем, особенно молодых и лиственных, как правило, выше, чем луговых. Активность почвенных микроорганизмов повышает известкование почв, снижающее их кислотность, а также сбалансированное внесение органических и минеральных удобрений [44–48]. Почвенные микроорганизмы являются наиболее информативной диагностической компонентой экосистем, быстро реагирующей на действие всех факторов среды, целесообразной для использования в экологическом мониторинге техногенного воздействия на природные комплексы [49, 50].

Несмотря на неплохую изученность причин изменения биологической активности почв, многие вопросы остаются во многом неясными. Так, в частности, не установлены границы варибельности интенсивности их дыхания в пределах того или иного типа почв, географического района или природной зоны, недостаточно выявлены имеющиеся взаимосвязи и не получены отображающие их математические модели, что существенно образом отражается на качестве исследовательских и проектных работ.

Цель работы заключается в установлении пределов и причин варибельности

биологической активности почв в лесах Среднего Поволжья, выявлении имеющихся взаимосвязей и отображении их в форме математических моделей.

Материал и методика исследований. Исходным материалом для расчётов служили как собственные данные [51], так и материалы исследований А.Х. Газизуллина [52] и А.М. Гиляева [53], проведённых в биогеоценозах Среднего Поволжья, на основе которых была создана электронная база данных, содержащая информацию о биологической активности 565 образцов почв и лесных подстилок, оценённой в лабораторных условиях по интенсивности продуцирования ими углекислого газа согласно методике А.Ш. Галстяна [16]. Цифровой материал обработан на компьютере с использованием общепринятых методов математической статистики [54, 55] и прикладных программ Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение. Анализ исходного материала показал, что количество выделяющегося из образцов диоксида углерода, которое отображает биологическую активность почв, варьирует в очень больших пределах (рис. 1), но довольно чётко убывает по глубине профиля (табл. 1). Наиболее высока активность микроорганизмов в слое лесной подстилки мягколиственных древостоев (табл. 2). В подстилке же сосновых лесов она наименьшая.

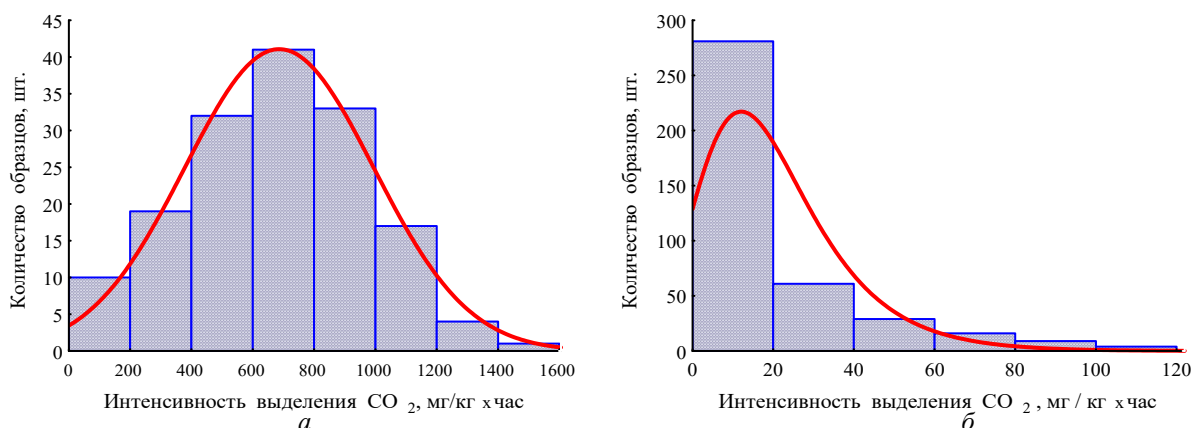


Рис. 1. Характер распределения в выборке значений интенсивности выделения CO_2 из подстилки (а) и почвы (б) лесных биогеоценозов Среднего Поволжья

Таблица 1

Статистическая оценка биологической активности почв лесных биогеоценозов Среднего Поволжья

Слой почвы, см	Значения статистических показателей интенсивности выделения CO ₂ из почвы, мг/кг×час*						
	N	M ± m	min	max	размах	Me	As
Подстилка	158	682,8 ± 24,4	65,5	1683,8	1618,3	874,7	-0,22
<20	152	40,6 ± 3,4	0,9	282,2	281,3	141,6	-0,71
21-40	118	13,8 ± 1,2	0,1	78,5	78,4	39,3	-0,65
41-60	65	10,4 ± 0,9	0,5	41,6	41,1	21,1	-0,51
61-90	48	10,4 ± 1,0	0,9	28,6	27,7	14,8	-0,29
>90	24	6,8 ± 1,2	1,0	23,7	22,7	12,3	-0,45

*Здесь и далее: N – объём выборки, шт.; M ± m – среднее арифметическое значение показателя и его ошибка; min, max – минимальное и максимальное значения; размах – разность между max и min значениями; Me – медиана; As – коэффициент асимметрии распределения ($A = Mx / Me - 1$); использование непараметрической статистики обусловлено существенным отличием характера распределения значений показателей от закона Гаусса.

Таблица 2

Влияние состава древостоев на биологическую активность лесной подстилки

Лесная формация	Статистические показатели интенсивности выделения CO ₂ из подстилки, мг/кг×час						
	N	M ± m	min	max	размах	Me	As
Лиственная	36	796,7 ± 54,3	128,4	1683,8	1555,4	906,1	-0,12
Хвойно-лиственная	26	773,3 ± 58,7	222,6	1217,7	995,1	720,2	0,07
Пихтовая	33	684,5 ± 44,5	193,6	1180,5	986,9	687,1	0,00
Еловая	24	609,5 ± 60,4	119,6	1153,3	1033,6	636,4	-0,04
Сосновая	24	533,7 ± 61,9	115,0	1216,1	1101,1	665,6	-0,20

Изменение интенсивности выделения CO₂ из подстилок связано с их кислотностью (табл. 3) и содержанием органического вещества (табл. 4), являющегося пищей для обитающих в них микроорганизмов, что описывает множественное нелинейное уравнение регрессии:

$$Y = 22,44 \times 10^{-2} \times X^{1,914} \times \exp(-11,67 \times 10^{-3} \times Z); \quad (1)$$

$$R^2 = 0,528; p < 0,001,$$

в котором Y – интенсивность выделения диоксида углерода, мг/кг×час; X – потери

массы подстилки при прокаливании, %; Z – гидролитическая кислотность, мг-экв. / 100 г подстилки. Ряды значений интенсивности выделения из почвы углекислоты, описываемые этим уравнением, являются своего рода *эталонами*, всякие отклонения от которого, обусловленные действием различных факторов, в том числе и инструментальных ошибок, должны являться предметом детального анализа, позволяющего выявить особенности каждого исследуемого образца и экотопа.

Таблица 3

Влияние гидролитической кислотности лесной подстилки на её биологическую активность

Гидролитическая кислотность, мг-экв. / 100 г	Статистические показатели интенсивности выделения CO ₂ из подстилки, мг/кг×час						
	N	Mx	min	max	размах	Me	As
<20	28	656,3	115,0	1683,8	1568,8	899,4	-0,27
20-40	86	748,0	65,5	1482,0	1416,5	773,8	-0,03
40-60	20	620,8	150,4	1098,1	947,7	624,2	-0,01
>60	11	315,5	119,6	667,5	547,9	393,6	-0,20

Таблица 4

Влияние содержания органического вещества в лесной подстилке на её биологическую активность

Потери при прокаливании, %	Статистические показатели интенсивности выделения CO ₂ из подстилки, мг/кг×час						
	N	Mx	min	max	размах	Me	As
<40	7	300,3	65,5	1096,5	1031,0	581,0	-0,48
41-60	7	402,1	119,6	1111,5	991,6	615,6	-0,35
60-80	51	590,3	193,6	1126,1	932,5	659,9	-0,11
>80	80	809,2	228,3	1683,8	1455,5	956,1	-0,15

Расчёты показали, что зависимость интенсивности выделения CO₂ от содержания органического вещества и кислотности подстилки в каждой лесной формации сугубо специфична по тесноте связи между параметрами и значениями коэффициентов регрессии (табл. 5), однако вид уравнения остаётся в целом неизменным. Наиболее тесная связь между параметрами отмечается в ельниках. В хвойно-лиственных формациях и пихтарниках влияние же этих факторов статистически недостоверно, что может быть связано с различием полноты древостоев, хозяйственной деятельности в них, видового состава и обилия подпологовой растительности. Большое влияние на интенсивность выделения CO₂ могли оказать также сроки отбора образцов и текущие погодные условия, определяющие влажность подстилки и обилие в ней микроорганизмов. Без детальной оценки всех этих факторов показатель интенсивности выделения CO₂ из подстилок не несёт полезной информации о состоянии лесных экосистем и скорости протекания в них биологического круговорота веществ.

Исследования показали, что активность микроорганизмов наиболее высока в почве мягколиственных древостоев, которым несколько уступают сосняки (табл. 6). В почве же еловых и хвойно-лиственных лесов она наименьшая. Изменение интенсивности выделения CO₂ из почв (Y, мг/кг×час) также связано с их кислотностью и содержанием органического вещества (рис. 2 и 3). В интервале значений pH от 3 до 6,5 эту зависимость описывает следующее уравнение регрессии:

$$Y = 30,45 \times X^{0,771} \times \{1 - \exp[-0,272 \times (Z - 3)]\}; \quad (2)$$

$$R^2 = 0,569; p < 0,001,$$

в котором X – содержание гумуса, %; Z – значение pH KCl-вытяжки почвы. При значениях pH < 4 биологические процессы в почвах протекают очень медленно при любом содержании в них гумуса, вклад которого в изменение интенсивности выделения CO₂ на глубине более 40 см становится уже статистически недостоверным и её всё в большей степени определяет кислотность среды.

Таблица 5

Влияние состава древостоев на связь биологической активности подстилок с их параметрами

Лесная формация	Значения уравнений регрессии $Y = a \times 10^{-2} \times X^b \times \exp(-c \times 10^{-3} \times Z)$				
	N	a	b	c	R ²
Лиственная	28	4,405	2,305	11,53	0,521
Сосновая	21	5,908	2,171	10,67	0,692
Еловая	23	0,757	2,716	18,49	0,811

Таблица 6

Влияние состава древостоев на биологическую активность почв

Лесная формация	Статистические показатели интенсивности выделения CO ₂ из почвы, мг/кг×час						
	N	M ± m	min	max	размах	Me	As
Лиственная	67	22,1 ± 3,04	0,90	113,6	112,7	57,3	-0,61
Сосновая	49	20,2 ± 3,01	3,70	105,4	101,7	54,6	-0,63
Пихтовая	122	19,1 ± 3,01	0,10	282,2	282,1	141,2	-0,86
Еловая	69	18,5 ± 2,21	0,90	78,7	77,8	39,8	-0,54
Хвойно-лиственная	49	15,3 ± 2,75	0,90	79,8	78,9	40,3	-0,62

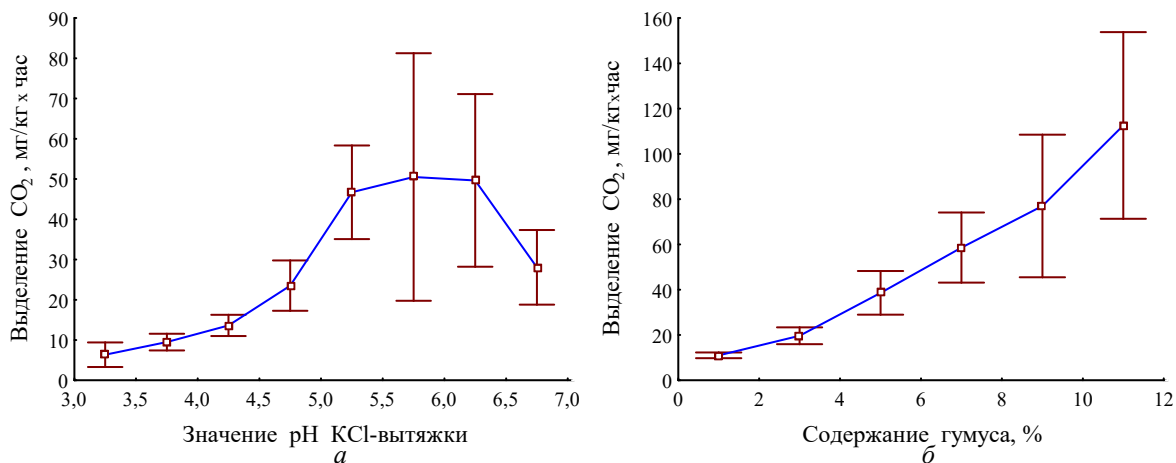


Рис. 2. Влияние кислотности почв (а) и содержания в них гумуса (б) на интенсивность выделения CO₂

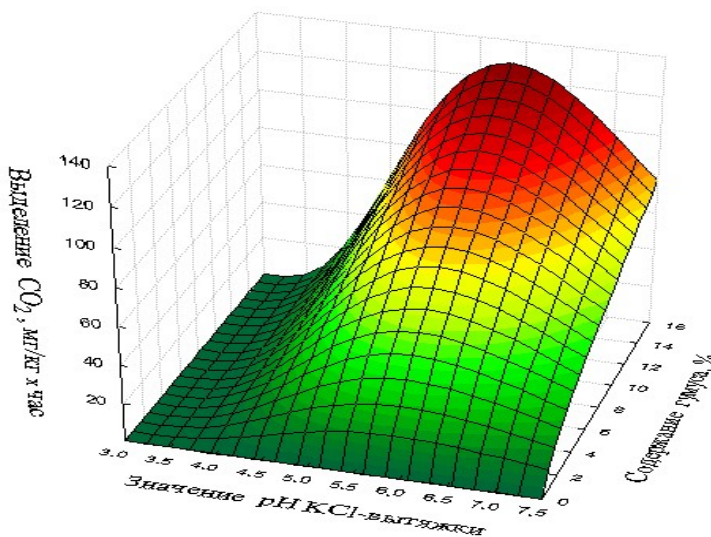


Рис. 3. Зависимость биологической активности почв от их кислотности и содержания гумуса

Установлено, что зависимость биологической активности почв от содержания в них гумуса и значений рН в каждой лесной формации сугубо специфична по тесноте связи и значениям коэффициентов регрессии (табл. 7). Наиболее тесная связь между параметрами отмеча-

ется в хвойно-лиственных лесах, а самая слабая – в пихтовых и мягколиственных, что может быть связано с различием полноты древостоев, хозяйственной деятельности в них, а также видового состава и обилия подполевой растительности.

Таблица 7

Влияние состава древостоев на связь биологической активности почв с их параметрами

Лесная формация	Значения уравнений регрессии $Y = a \times X^b \times (Z - 3,2)^c$				
	N	a	b	c	R ²
Лиственная	60	13,79	0,566	0,305	0,539
Хвойно-лиственная	42	14,03	0,531	0,767	0,788
Сосновая	46	11,40	0,724	0,507	0,645
Еловая	62	10,95	0,626	0,316	0,697
Пихтовая	116	3,56	1,005	1,158	0,532

Одним из самых необходимых элементов для развития почвенных микроорганизмов является азот [56]. Его содержание в почве, как показал анализ исходного материала, чётко снижается по глубине профиля, что полностью обусловлено изменением содержания гумуса (рис. 4). Эту зависимость с очень высокой достоверностью описывает следующее уравнение регрессии, позволяющее оценивать содержание общего азота (Y, %) во всех типах почв по содержанию в них гумуса (X, %):

$$Y = 6,53 \times 10^{-2} \times X^{0,895}; \quad (3)$$

$$R^2 = 0,967; p < 0,001.$$

Все отклонения от данной зависимости, имеющей всеобщий характер и позволяющей без особого труда оценивать содержание азота в почве, что необходимо

при изучении биологического круговорота веществ в экосистемах, связаны исключительно с погрешностями оценки параметров, избежать которых при проведении лабораторных анализов бывает практически невозможно.

Расчёты показали, что интенсивность выделения CO₂ (Y, мг/кг×час) во многом зависит не только от значения рН КСl-вытяжки (Z), но также от плотности сложения почв (ПС, г/см³), определяющей через их водный, воздушный и тепловой режим условия развития микроорганизмов. Эту зависимость хорошо аппроксимирует уравнение регрессии:

$$Y = 61,5 \times (Z - 3)^{0,678} \times \exp[-1,773 \times (ПС - 0,4)]; \quad (4)$$

$$R^2 = 0,608; p < 0,001.$$

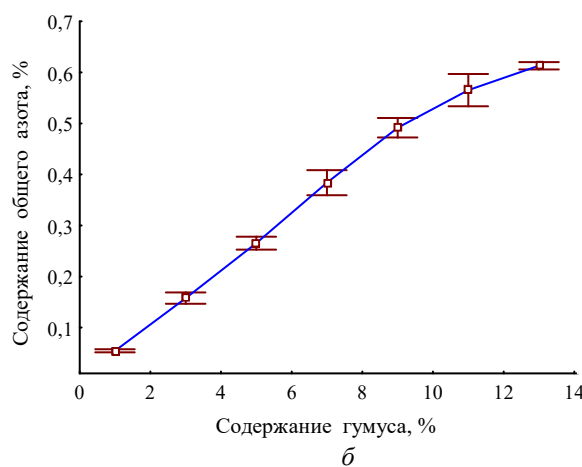
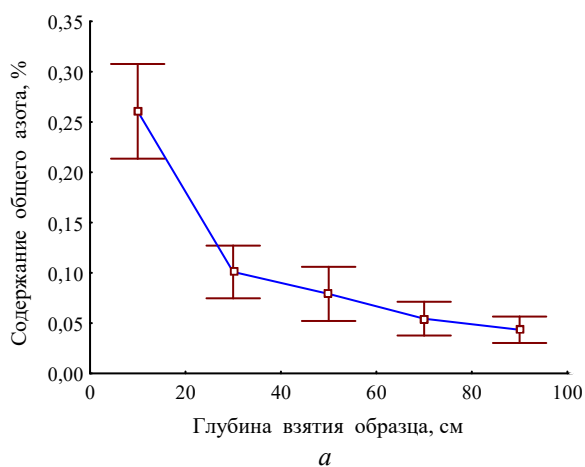


Рис. 4. Изменение содержания в почве общего азота в зависимости от глубины взятия образцов (а) и содержания в ней гумуса (б)

Характер и теснота между биологической активностью почв и другими их параметрами во многом определяются, как нам представляется, региональными особенностями, что позволят определить в будущем только специальные исследования. Большое влияние на биологическую активность почв оказывают также сроки отбора образцов, текущие погодные условия и характер развития подпологовой растительности. Без детальной оценки всех этих факторов показатель интенсивности выделения CO_2 из почв и лесных подстилок не несёт полезной информации о скорости биологического круговорота веществ.

Для повышения биологической активности почв необходимо управлять их окислительно-восстановительным потенциалом и плотностью сложения, оптимизируя породный состав древостоев и регулируя их густоту. На лесных питомниках биологическую активность почв повышает известкование, сбалансированное внесение органических и минеральных удобрений, использование сидератов, на правильный подбор которых должны быть направлены усилия исследователей.

Выводы

1. Количество выделяющегося из образцов диоксида углерода, которое отображает биологическую активность лесных подстилок и почв, варьирует в очень больших пределах, но довольно чётко убывает по глубине профиля. Наиболее высока активность почвенных микроорганизмов в мягколиственных древостоях.

2. Биологическая активность подстилок и почв снижается по мере увеличения кислотности и уменьшения содержания органического вещества, являющегося пищей для обитающих в них микроорганизмов, что с высокой достоверностью отображают соответствующие множественные нелинейные уравнения регрессии. Значения, описываемые этими уравнениями, являются своего рода *эталоном*, всякие отклонения от которого, обусловленные действием различных факторов, должны являться предметом детального

анализа, позволяющего выявить особенности каждого исследуемого образца и экотопа. Интенсивность выделения CO_2 из почвы во многом зависит также от плотности их сложения, определяющей через их водный, воздушный и тепловой режим условия развития микроорганизмов.

3. Характер и теснота между биологической активностью почв и другими их параметрами определяются также биогеоценотическими факторами и региональными особенностями лесов, связанными с различием хозяйственной деятельности в них, полноты древостоев, а также видового состава и обилия подпологовой растительности. Влияние этих факторов позволят определить в будущем только специальные исследования.

4. Большое влияние на интенсивность выделения CO_2 из подстилок и почв могут оказывать сроки отбора образцов и текущие погодные условия, определяющие условия обитания и обилие в них микроорганизмов. Без детальной оценки всех этих факторов показатель интенсивности выделения CO_2 не несёт полезной информации о состоянии лесных экосистем и скорости протекания в них биологического круговорота веществ.

5. Выявленные нами зависимости и разработанные на их основе математические модели с успехом могут быть использованы для косвенной оценки интенсивности выделения CO_2 из почв лесных биогеоценозов Среднего Поволжья при проведении экологического мониторинга и изучения круговорота углерода.

6. Для повышения биологической активности почв необходимо управлять их окислительно-восстановительным потенциалом и плотностью сложения, оптимизируя породный состав древостоев и регулируя их густоту. На лесных питомниках биологическую активность почв повышает известкование, сбалансированное внесение органических и минеральных удобрений, использование сидератов, на правильный подбор которых должны быть направлены усилия исследователей.

Список литературы

1. IPCC: Climate change 2001: The Scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental panel of Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, 2001. 881 p.
2. Котляков В. М. Глобальные изменения климата: антропогенное влияние или естественные вариации? // Экология и жизнь. 2001. № 1. С. 44-47.
3. Влияние антропогенных выбросов CO₂ на климат: нерешенные проблемы / В. Сун, С. Балонас, К.С. Демирчан и др. // Известия РГО. 2001. Т. 133, Вып. 2. С. 1-19.
4. Тарко А. М. Парниковый эффект и климат // Экология и жизнь. 2001. № 1. С. 48-51.
5. Сорохтин О. Г. Парниковый эффект: миф или реальность // Вестник РАЕН. Секция наук о Земле. 2001. № 1. С. 8-21.
6. Ясаманов Н. А. Современный климат и парниковый эффект // Известия РАЕН. Секция наук о Земле. 2003. № 10. С. 98-116.
7. Белов С. В., Ротфельд И. С. Причины изменения климата: человек или геологические процессы? // Использование и охрана природных ресурсов России: информационно-аналитический бюллетень. М.: НИИ-Природа, 2004. № 1. С. 43-49.
8. Базилевич Н. И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 262 с.
9. Оценка запасов годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин и др. // Лесоведение. 1993. № 5. С. 3-10.
10. Алексеев В. А., Бердси Р. С. Углерод в экосистемах лесов и болот России. СПб.: Санкт-Петербургский лесной экологический центр, 1994. 365 с.
11. Моисеев Б. Н., Алферов А. М., Страхов В. В. Об оценке запаса и прироста углерода в лесах России // Лесное хозяйство. 2000. № 4. С. 18-20.
12. Курбанов Э. А. Бюджет углерода сосновых экосистем Волго-Вятского района. Йошкар-Ола: Периодика, 2002. 243 с.
13. Моисеев Б. Н., Алябина И. О. Оценка потоков и баланс органического углерода в основных биомах России // Использование и охрана природных ресурсов России: информационно-аналитический бюллетень. М.: НИИ-Природа, 2004. № 1. С. 61-69.
14. Поздняков Л. А. Оценка биологической активности торфяных почв по удельному электрическому сопротивлению // Почвоведение. 2008. № 10. С. 1217-1223.
15. Мина В. Н. Опыт сравнительной оценки методов определения интенсивности дыхания почв // Почвоведение. 1962. № 10. С. 96-100.
16. Галстян А. Ш. К изучению биологической активности почвы // Доклады АН Армянской ССР. 1963. Т. 37, № 2. С. 89-93.
17. Мишустин Е. Н., Петрова А. Н. Определение биологической активности почвы // Микробиология. 1963. Т. 32, Вып. 3. С. 479-483.
18. Зонн С. В. Почва как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии. М.-Л.: Наука, 1964. С. 372-454.
19. Смирнов В. Н., Иванова Е. И., Павлов В. М. Суточная и сезонная динамика выделения в атмосферу почвенной углекислоты в хвойно-широколиственном и широколиственном насаждениях южной полосы лесной зоны // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1964. № 1. С. 194-198.
20. Microbial productivity in soil / T.R.S. Gray, S.T. Williams, D.E. Hughes, A.H. Rose // Microbes and biological productivity. University Publishing: Cambridge, 1971. P. 255-280.
21. Карпачевский Л. О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: МГУ, 1977. 312 с.
22. Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.
23. Гельцер Ю. Г. Показатели биологической активности в почвенных исследованиях // Почвоведение. 1990. № 9. С. 47-60.
24. Physiological analyses of microbial communities in soil: applications and limitations / T.H. Anderson, K Rits., J. Dighton. K.E. Giller // Beyond the Biomass: Compositional and Functional Analysis of Microbial Communities in Soil. Wiley Publishing: Chichester, 1994. P. 67-76.
25. Демкина Т. Г., Ананьева Н. Д., Орлинский Д. Б. Сравнительная оценка почв по активности продуцирования CO₂ // Почвоведение. 1997. № 5. С. 564-569.
26. Матаруева И. А. Об оценке микробиологической активности дерново-подзолистых почв // Почвоведение. 1998. № 1. С. 78-87.
27. Курганова И. Н., Кудеяров В. Н. Оценка потоков диоксида углерода из почв таежной зоны России // Почвоведение. 1998. № 9. С. 1058-1070.
28. Дорохова М. Ф., Исаченкова Л. Б. Биологическая активность дерново-подзолистых почв под разными типами леса // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 1999. № 1. С. 59-63.
29. Годовая эмиссия углекислого газа из серых лесных почв Южного Подмосковья / А.А. Ларионова, Л.Н. Розанова, Т.С. Демкина и др. // Почвоведение. 2001. № 1. С. 72-80.
30. Сабо Е. Д., Кормилицына О. В. Биологическая активность дерново-подзолистых суглинистых почв и методы их микробиологической характеристики // Лесной вестник. 2001. № 1. С. 75-79.

31. *Кормилицына О. В., Сабо Е. Д.* Изменение микробиологической характеристики дерново-подзолистых суглинистых почв после рубки леса // Лесной вестник. 2001. № 1. С. 79-83.
32. *Наумов А. В.* Дыхание почвы: проблемы и направления исследований // Почвы – национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск, 2004. С. 364-366.
33. *Graham M. H., Haynes R. J.* Organic matter status and the size, activity and metabolic diversity of the soil microflora as indicators of the success of rehabilitation of mined sand dunes // *Biology and Fertility of Soils*. 2004. No 39. P. 429-437.
34. *Паркина И. Н.* Особенности биологической активности почвы в фитогенном поле березы повислой // Вестник Самарского государственного университета. Естественно-научная серия. 2006. № 7 (47). С. 148-153.
35. *Меняйло О. В.* Влияние древесных пород на биомассу денитрифицирующих бактерий в серой лесной почве // Почвоведение. 2007. № 3. С. 1-7.
36. *Сорокина О. А., Сорокин Н. Д.* Влияние сосняков разного возраста на биологическую активность залежных почв Среднего Приангарья // Почвоведение. 2007. № 5. С. 627-634.
37. *Еремин Д. И., Абрамова С. В.* Биологическая активность и нитратный режим выщелоченных черноземов и луговых почв Тобол-Ишимского междуречья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2008. № 2. С. 67-71.
38. Биологическая активность почв после сплошных рубок в сосняках Красноярской лесостепи / Н.Н. Бескоровайная, Г.И. Антонов, В.В. Иванов и др. // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII. № 3-4. С. 238-242.
39. *Гончаров О. Ю., Телеснина В. М.* Биологическая активность постагрогенных почв (на примере Московской области) // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2010. № 4. С. 24-31.
40. *Владыченский А. С., Телеснина В. М., Чалая Т. А.* Влияние растительного опада на химические свойства и биологическую активность постагрогенных почв южной тайги // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2012. № 1. С. 3-10.
41. *Дорохова М. Ф., Исаченкова Л. Б.* Биологическая активность дерново-подзолистых почв под разными типами леса // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 1999. № 1. С. 59-63
42. *Карпачевский Л. О.* Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005. 336 с.
43. Биологическая активность почв «бобровых ландшафтов» / М.В. Вечерский, В.В. Коротаева, Н.В. Костина и др. // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2011. № 4. С. 43-47.
44. Минеральные удобрения как фактор антропогенного воздействия на почвенную микрофлору / В.С. Гузев, А.Л. Степанов, О.Е. Коновалова и др // Микроорганизмы и охрана почв. М: МГУ, 1989. С. 47-84.
45. *Карягина Л. А., Костюкович Л. И., Богданович И. М.* Влияние известкования на биологическую активность и баланс гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве // Почвоведение. 1991. № 10. С. 69-83.
46. *Лыков А. М., Еськов А. Л., Новиков М. П.* Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М.: РАСХН, ВНИИТИОУ, 2004. 630 с.
47. *Завьялова Н. Е., Косолапова А. И., Митрофанова Е. М.* Влияние извести на показатели плодородия дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2005. № 1. С. 26-28.
48. *Завьялова Н. Е., Митрофанова Е. М.* Влияние минеральных удобрений и известкования на биологическую активность дерново-подзолистой почвы // Агрохимия. 2008. № 12. С. 29-34.
49. *Павлова Н. Н., Романцов В. П., Сарapultceва В. И.* Анализ функций распределения показателей биологической активности почв в техногенно загрязненных районах // Известия вузов. Ядерная энергетика. 2008. № 1. С. 23-29.
50. *Пятакова Л. П.* Изменение биологической активности почвы в зависимости от содержания тяжелых металлов и увлажнения // Агрохимический вестник. 2008. № 4. С. 37-39.
51. *Нуреев Н.Б.* Продуктивность древостоев основных лесообразующих пород области Вятского Увала в зависимости от почвенно-грунтовых условий. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 200 с.
52. *Газизуллин А. Х.* Почвенно-экологические условия формирования лесов Среднего Поволжья. Т. 1: Почвы лесов Среднего Поволжья, их генезис, систематика и лесорастительные свойства. Казань: РИЦ Школа, 2005. 496 с.
53. *Гиляев А. М.* Почвы и продуктивность пихтовых древостоев Среднего Поволжья на юго-западном пределе ареала пихты сибирской. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. 184 с.
54. *Дрейпер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.
55. *Гринин А. С., Орехов Н. А., Новиков В. Н.* Математическое моделирование в экологии. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 269 с.
56. *Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М.* Биология почв. М.: МГУ, 2005. 445 с.

Статья поступила в редакцию 30.10.18.

Принята к публикации 12.11.18.

Информация об авторах

ДЕМАКОВ Юрий Петрович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»; профессор-консультант кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – лесоведение, почвоведение, биогеоценология, экология. Автор 330 публикаций, в том числе 12 монографий и учебных пособий.

НУРЕЕВ Наиль Биаллович – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и почвоведения, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – лесное почвоведение, биогеоценология, охрана природы. Автор 50 публикаций, в том числе одной монографии.

UDC 631.417.1

DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.21

**BIOACTIVITY OF SOILS OF FOREST BIOGEOCENOSES
IN MIDDLE VOLGA REGION***Yu. P. Demakov^{1,2}, N. B. Nureev²*¹State Nature Reserve “Bolshaya Kokshaga”,
26, Voinov-Internatsionalistov St., Yoshkar-Ola, 424038, Russian Federation²Volga State University of Technology,
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

E-mail: DemakovYP@volgatech.net

Keywords: *Middle Volga Region; forest biogeocenoses; soils; bioactivity; physical and chemical properties; statistical assessment; interrelations; mathematical models.*

ABSTRACT

Introduction. *The necessity in improvement of the methods to assess the influence of forest ecosystems on carbon sequestration and global climate, where soil microorganisms play an important role, determines the topicality of the studied problem. The goal of the research is to determine the limits and the reasons for variability of bioactivity of soils in the forests of Middle Volga region, to reveal the existing interrelations and to reflect them as mathematical models.*

Material and methods of study. *The research data of authors and some other researchers, taken in the biogeocenoses of Middle Volga region, were used for this research. Based on the used in the paper research data, an e-database was established. The database comprises the information on bioactivity and some other indices of conditions of 565 samples of forest litter and soil. Digital material was processed on PC using conventional methods of mathematical statistics and standard applied programs.*

Results and discussion. *The limits and the reasons for variability of intensity of CO₂ emission in laboratory conditions out from forest litter and soil in forest biogeocenoses of Middle Volga region were determined. It was demonstrated that intensity of CO₂ emission decreased with increase of acidity and with decrease of content of organic matter, which were the food for microorganisms. The corresponding empiric equations are given, the equations may be used for indirect estimate of intensity of CO₂ emission out from soils of forest biogeocenoses. Bioactivity of forest litters and soils strictly declines with depth of profile but it is very high in softwooded broadleaved stands.*

Conclusions. *Soil microorganisms is the most informative diagnostic component part of ecosystems, it quickly responds to the influence of all the factors of environment. Thus, it is viable to use the diagnostic component part in the ecological monitoring of man-made impact on ecosystems. Intensity of CO₂ emission of microorganisms out from soil and forest litter mainly depends on their acidity and the content of organic matter, which is described in the regression equations with a very high degree of confidence. To specify and to reveal new regularities, it is important to continue the research and to establish public e-databases.*

REFERENCES

1. IPCC: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, 2001. 881 p.
2. Kotlyakov V. M. Globalnye izmeneniya klimata: antropogennoe vliyanie ili estestvennye variatsii? [Global Climate Change: Anthropogenic Effect or Natural Variations?]. *Ekologiya i zhizn* [Ecology and Life]. 2001. No 1. Pp. 44-47. (In Russ.).
3. Sun V., Balunas S., Demirhan K.S. et al. Vliyanie antropogennykh vybrosov SO₂ na klimat: nereshennye problemy [The Influence of Anthropogenic Emissions of CO₂ on the Climate: Unsolved Problems]. *Izvestiya RGO* [News of Russian Geographical Society]. 2001. Vol. 133, Iss. 2. Pp. 1-19. (In Russ.).
4. Tarko A. M. Parnikovyy efekt i klimat [Greenhouse Effect and Climate]. *Ekologiya i zhizn* [Ecology and Life]. 2001. No 1. Pp. 48-51. (In Russ.).
5. Sorokhtin O. G. Parnikovyy efekt: mif ili realnost [Greenhouse Effect: Myth or Reality]. *Vestnik RAEN. Sektsiya nauk o Zemle* [Herald of Russian Academy of Natural Sciences. Section: Earth Sciences]. 2001. No 1. Pp. 8-21. (In Russ.).
6. Yasamanov N. A. Sovremennyy klimat i parnikovyy efekt [Climate of Today and Greenhouse Effect]. *Izvestiya RAEN. Sektsiya nauk o Zemle* [News of Russian Academy of Natural Sciences. Section: Earth Sciences]. 2003. No 10. Pp. 98-116. (In Russ.).
7. Belov S. V., Rotfeld I. S. Prichiny izmeneniya klimata: chelovek ili geologicheskie protsessy? [The Reasons for Climate Change: Man or Geological Processes?]. *Ispolzovanie i okhrana prirodnikh resursov Rossii: informatsionno-analiticheskiy bulletin* [Use and Protection of Russian Natural Resources: research and information bulletin]. Moscow: NIA-Priroda, 2004. No 1. Pp. 43-49. (In Russ.).
8. Bazilivich N. I. *Biologicheskaya produktivnost ekosistem Severnoy Evrazii* [Biological Productivity of Ecosystems in Northern Eurasia]. Moscow: Nauka, 1993. 262 p. (In Russ.).
9. Isaev A.S., Korovin G.N., Utkin A.I. et al. Otsenka zapasov godichnogo deponirovaniya ugleroda v fitomasse lesnykh ekosistem Rossii [Assessment of Stock of Annual Carbon Sequestration in Phytomass of Russian Forest Ecosystems]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 1993. No 5. Pp. 3-10. (In Russ.).
10. Alekseev V. A., Berdsi R. S. *Uglerod v ekosistemakh lesov i bolot Rossii* [Carbon in the Ecosystems of Russian Forests and Bogs]. Saint-Petersburg: Sankt-Peterburgskiy lesnoy ekologicheskiy tsentr, 1994. 365 p. (In Russ.).
11. Moiseev B. N., Alferov A. M., Strakhov V. V. Ob otsenke zapasa i prirosta ugleroda v lesakh Rossii [On the Assessment of Carbon Stock and Carbon Augmentation in Russian Forests]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 2000. No 4. Pp. 18-20. (In Russ.).
12. Kurbanov E. A. *Budzhet ugleroda sosnovykh ekosistem Volgo-Vyatskogo rayona* [The Fund of Carbon of Pine Ecosystems in the Volga-Vyatka Region]. Yoshkar-Ola: Periodika, 2002. 243 p. (In Russ.).
13. Moiseev B. N., Alyabina I. O. Otsenka potokov i balans organicheskogo ugleroda v osnovnykh biomakh Rossii [Assessment of Streams and Balance of Organic Carbon in the Major Biomes of Russia]. *Ispolzovanie i okhrana prirodnikh resursov Rossii: informatsionno-analiticheskiy bulletin* [Use and Protection of Russian Natural Resources: research and information bulletin]. Moscow: NIA-Priroda, 2004. No 1. Pp. 61-69. (In Russ.).
14. Pozdnyakov L. A. Otsenka biologicheskoy aktivnosti torfyanykh pochv po udelnomu elektricheskomu soprotivleniu [Assessment of Bioactivity of Boggy Soils by Electrical Resistivity]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 2008. № 10. P. 1217-1223. (In Russ.).
15. Mina V. N. Opyt sravnitelnoy otsenki metodov opredeleniya intensivnosti dykhaniya pochv [An Experience of Comparative Assessment of the Methods for Determination of Soil Respiration Intensity]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1962. No 10. Pp. 96-100. (In Russ.).
16. Galstyan A. Sh. K izucheniu biologicheskoy aktivnosti pochvy [On the Study of Bioactivity of Soil]. *Doklady AN Armyanskoy SSR* [Reports of Academy of Sciences of Armenia SSR]. 1963. Vol. 37, No 2. Pp. 89-93. (In Russ.).
17. Mishustin E. N., Petrova A. N. Opreделение biologicheskoy aktivnosti pochvy [Determination of Biological Activity of Soil]. *Mikrobiologiya* [Microbiology]. 1963. Vol. 32, Iss. 3. Pp. 479-483. (In Russ.).
18. Zonn S.V. Pochva kak komponent lesnogo biogeotsenoza [Soil as a Component of Forest Biogeocenose]. *Osnovy lesnoy biogeotsenologii* [Fundamentals of Forest Biogeocenology]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. Pp. 372-454. (In Russ.).
19. Smirnov V.N., Ivanova E.I., Pavlov V.M. Sutochnaya i sezonnaya dinamika vydeleniya v atmosferu pochvennoy uglekisloty v khvoynoshirokolistvennom i shirokolistvennom nasazhdeniyakh yuzhnoy polosy lesnoy zony [Daily and Seasonal Dynamics of Emission of Carbon Dioxide in the Atmosphere in Coniferous- Broadleaved and Broadleaved Plantations in the Southern Part of Forest Area]. *Nauchnye doklady vysshey shkoly. Biologicheskije nauki*. [Scientific Reports of Higher School. Biological Sciences]. 1964. No 1. Pp. 194-198. (In Russ.).
20. Gray T.R.S., Wiliams S.T., Hughes D.E., Rose A.H. Microbial Productivity in Soil. Microbes and Biological Productivity. University Publishing: Cambrifge, 1971. P. 255-280.
21. Karpachaevskiy L. O. *Pestrota pochvennogo pokrova v lesnom biogeotsenoze* [Soil Cover Diversity in Forest Biogeocenose]. Moscow: MGU, 1977. 312 p. (In Russ.).

22. Karpachayevskiy L. O. *Les i lesnye pochvy* [Forest and Forest Soils]. Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1981. 264 p. (In Russ.).
23. Geltser Yu. G. Pokazateli biologicheskoy aktivnosti v pochvennykh issledovaniyakh [The Figures of Biological Activity in the Researches of Soil]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1990. No 9. Pp. 47-60. (In Russ.).
24. Anderson T.H., Rits K., Dighton J., Giller K.E. Physiological Analyses of Microbial Communities in Soil: Applications and Limitations. Beyond the Biomass: Compositional and Functional Analysis of Microbial Communities in Soil. Wiley Publishing: Chichester, 1994. P. 67-76.
25. Demkina T. G., Ananeva N. D., Orlinskiy D. B. Sravnitel'naya otsenka pochv po aktivnosti produktsii CO_2 [Comparative Assessment of Soils by the Potential of CO_2 Producing]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1997. No 5. Pp. 564-569. (In Russ.).
26. Matarueva I. A. Ob otsenke mikrobiologicheskoy aktivnosti dernovo-podzolistykh pochv [On the Assessment of Microbiological Activity of Soddy Podzolic Soil]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1998. No 1. Pp. 78-87. (In Russ.).
27. Kurganova I. N., Kudeyarov V. N. Otsenka potokov dioksida ugleroda iz pochv taezhnoy zony Rossii [Assessment of Streams of Carbonic Oxide from the Soils in Russian Taiga Zone]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1998. No 9. Pp. 1058-1070. (In Russ.).
28. Dorokhova M. F., Isachenkova L. B. Biologicheskaya aktivnost dernovo-podzolistykh pochv pod raznymi tipami lesa [Bioactivity of Soddy Podzolic Soils under Different Forest Types]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie* [Vestnik of Moscow University. Ser. 17. Pedology]. 1999. No 1. Pp. 59-63. (In Russ.).
29. Larionova A.A., Rozanova L.N., Demkina T.S. et al. Godovaya emissiya uglekislogo gaza iz serykh lesnykh pochv Yuzhnogo Podmoskovya [Annual Emission of Carbon Dioxide out from Gray Forest Soils in the South of Moscow Region]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 2001. No 1. Pp. 72-80. (In Russ.).
30. Sabo E. D., Kormilitsyna O. V. Biologicheskaya aktivnost dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv i metody ikh mikrobiologicheskoy kharakteristiki [Bioactivity of Soddy Podzolic Soils and Methods for Their Microbiological Specifications]. *Lesnoy vestnik* [Forest Herald]. 2001. No 1. Pp. 75-79. (In Russ.).
31. Kormilitsyna O. V., Sabo E. D. Izmenenie mikrobiologicheskoy kharakteristiki dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv posle rubki lesa [The Change of Microbiological Specifications of Soddy Podzolic Loamy Soils after Timber Felling]. *Lesnoy vestnik* [Forest Herald]. 2001. No 1. Pp. 79-83. (In Russ.).
32. Naumov A. V. Dykhanie pochvy: problemy i napravleniya issledovaniy [Soil Respiration: Problems and Avenues for Research]. *Pochvy – natsionalnoe dostoyanie Rossii: Materialy IV sezda Dokuchaevskogo obshchestva pochvovedov* [Soil is the National Treasure of Russia: proceedings of IV Conference of Dokuchaevskiy Society of Pedologists]. Novosibirsk, 2004. Pp. 364-366. (In Russ.).
33. Graham M. H., Haynes R. J. Organic Matter Status and the Size, Activity and Metabolic Diversity of the Soil Microflora as Indicators of the Success of Rehabilitation of Mined Sand Dunes. *Biology and Fertility of Soils*. 2004. No 39. P. 429-437.
34. Parkina I. N. Osobennosti biologicheskoy aktivnosti pochvy v fitogennom pole berezy povisloy [Peculiarities of Biological Activity of Soils in the Phyto-genous Field of European White Birch]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvenno-nauchnaya seriya* [Herald of Samara State University. Scientific Series]. 2006. No 7 (47). Pp. 148-153. (In Russ.).
35. Menyailo O. V. Vliyanie drevesnykh porod na biomassu denitrifitsiruyushchikh bakteriy v seroy lesnoy pochve [The Influence of Woody Species on the Biomass of Denitrifying Bacteria in Grey Forest Soil]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 2007. No 3. Pp. 1-7. (In Russ.).
36. Sorokina O. A., Sorokin N. D. Vliyanie sosnyakov raznogo vozrasta na biologicheskuyu aktivnost zaleznykh pochv Srednego Priangarya [The Influence of Pine Stands of Different Age on the Bio-activity of Long-Fallow Soils of Close to the Angara Region (Middle Part of the Angara)]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 2007. No 5. Pp. 627-634. (In Russ.).
37. Eremin D. I., Abramova S. V. Biologicheskaya aktivnost i nitratnyy rezhim vyshchelochennykh chernozemov i lugovykh pochv Tobol-Ishimskogo mezhdurechya [Bioactivity and Nitrate Mode of the Leached Back Earth and Meadow Soils of Tobol-Ishim Interfluve]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Herald of Krasnoyarsk State Agrarian University]. 2008. No 2. Pp. 67-71. (In Russ.).
38. Beskorovainaya N.N., Antonov G.I., Ivanov V.V. et al. Biologicheskaya aktivnost pochv posle nesploshnykh rubok v sosnyakakh Krasnoyarskoy lesostepi [Bioactivity of Soils after Partial Cuts in Pine Forests of Krasnoyarsk Forest-Steppe]. *Khvoynnye borealnoy zony* [The Coniferous Trees of Boreal Zone]. 2010. Vol. XXVII. No 3-4. Pp. 238-242. (In Russ.).
39. Goncharov O. Yu., Telesnina V. M. Biologicheskaya aktivnost postagrogennykh pochv (na primere Moskovskoy oblasti) [Bioactivity of Postagrogenic Soils (based on the example of Moscow region)]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie*. [Herald of Moscow University. Ser. 17. Pedology]. 2010. No 4. Pp. 24-31. (In Russ.).
40. Vladychenskiy A. S., Telesnina V. M., Chalya T. A. Vliyanie rastitelnogo opada na khimicheskie svoystva i biologicheskuyu aktivnost postagrogennykh pochv yuzhnoy taigi [The Influence of Plant Litter on the Chemical Properties and Bioactivity of Postagrogenic Soils of Southern Taiga]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie* [Herald of Moscow University. Ser. 17. Pedology]. 2012. No 1. Pp. 3-10. (In Russ.).

41. Dorokhova M. F., Isachenkova L. B. Biologicheskaya aktivnost dernovo-podzolistykh pochv pod raznymi tipami lesa [Bioactivity of Sod-Podzolic Soils under Different Forest Types]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie* [Herald of Moscow University. Ser. 17. Pedology]. 1999. No 1. Pp. 59-63. (In Russ.).
42. Karpachevskiy L. O. *Ekologicheskoe pochvovedenie* [Ecological Pedology]. Moscow: GEOS, 2005. 336 p. (In Russ.).
43. Vecherskiy M.V., Korotaeva V.V., Kostina N.V. et al. Biologicheskaya aktivnost pochv «bobrovyykh landshaftov» [Bioactivity of Soils of "Beaver Landscapes"]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 17. Pochvovedenie* [Herald of Moscow University. Ser. 17. Pedology]. 2011. No 4. Pp. 43-47. (In Russ.).
44. Guzev V.S., Stepanov A.L., Konovalova O.E. et al. Mineralnye udobreniya kak faktor antropogenogo vozdeystviya na pochvennuyu mikrofloru [Mineral Fertilizers as a Factor of Man-Made Influence on the Soil Microflora]. *Mikroorganizmy i okhrana pochv* [Microorganisms and Soil Protection]. Moscow: MGU, 1989. Pp. 47-84. (In Russ.).
45. Karyagina L. A., Kostukovich L. I., Bogdanovich I. M. Vliyanie izvestkovaniya na biologicheskuyu aktivnost i balans gumusa v dernovo-podzolistoy suglinistoy pochve [The Influence of Chalking on Bioactivity and Humus Balance in the Sod-Podzolic Loamy Soil]. *Pochvovedenie* [Pedology]. 1991. No 10. Pp. 69-83. (In Russ.).
46. Lykov A. M., Eskov A. L., Novikov M. P. *Organicheskoe veshchestvo pakhotnykh pochv Nechernozemya* [Organic Matter of Arable Lands in the Non-Black Earth Region]. Moscow: RASKHN, VNIITIOU, 2004. 630 p. (In Russ.).
47. Zavyalova N. E., Kosolapova A. I., Mitrofanova E. M. Vliyanie izvesti na pokazateli plodorodiya dernovo-podzolistoy pochvy [The Influence of Lime on the Indices of Fertility of Sod-Podzolic Soil]. *Plodorodie* [Fertility]. 2005. No 1. Pp. 26-28. (In Russ.).
48. Zavyalova N. E., Mitrofanova E. M. Vliyanie mineralnykh udobreniy i izvestkovaniya na biologicheskuyu aktivnost dernovo-podzolistoy pochvy [The Influence of Mineral Fertilizers and Chalking on Bioactivity of Sod-Podzolic Soil]. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 2008. No 12. Pp. 29-34. (In Russ.).
49. Pavlova N. N., Romantsov V. P., Sarapultseva V. I. Analiz funktsiy raspredeleniya pokazately biologicheskoy aktivnosti pochv v tekhnogenno zagryaznennykh rayonakh [The Analysis of the Function of Distribution of the Figures for Bioactivity of Soils in the Man-Polluted Districts]. *Izvestiya vuzov. Yadernaya energetika*. [University News. Nuclear Power Industry]. 2008. No 1. Pp. 23-29. (In Russ.).
50. Pyatakova L. P. Izmenenie biologicheskoy aktivnosti pochvy v zavisimosti ot sodержaniya tyazhelykh metallov i uvlazhneniya [The Change of Soil Bioactivity Depending on the Content of Heavy Metals in the Soil and Soil Moistening]. *Agrokhimicheskiy vestnik* [Agrochemical Herald]. 2008. No 4. Pp. 37-39. (In Russ.).
51. Nureev N.B. *Produktivnost drevostoev osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod oblasti Vyatskogo Uvala v zavisimosti ot pochvenno-gruntovykh usloviy* [Productivity of Stands of the Main Forest-Forming Species in Vyatka Ridge Depending on the Soil Conditions]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2007. 200 p. (In Russ.).
52. Gazizullin A. Kh. Pochvenno-ekologicheskie usloviya formirovaniya lesov Srednego Povolzhya [Soil-Ecological Conditions for Forests Forming in Middle Volga Region]. *T. 1: Pochvy lesov Srednego Povolzhya, ikh genezis, sistematika i lesorastitelnye svoystva*. [Vol. 1: Forest Soils in Middle Volga Region, Their Genesis, Systematics and Forest-Growing Properties]. Kazan: RITS Shkola, 2005. 496 p. (In Russ.).
53. Gilayev A. M. *Pochvy i produktivnost pikhtovykh drevostoev Srednego Povolzhya na yugozapadnom predele areala pikhty sibirskoy* [Soils and Productivity of Middle Volga Region Fir Stands in the South-West Border of Siberian Fir Habitat]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 1999. 184 p. (In Russ.).
54. Dreiper N., Smith G. Prikladnoy regressionnyy analiz [Applied Regression Analysis]. Moscow: Statistika, 1973. 392 p. (In Russ.).
55. Grinin A. S., Orekhov N. A., Novikov V. N. Matematicheskoe modelirovanie v ekologii [Mathematical Simulation in Ecology]. Moscow: YUNITI-DANA, 2003. 269 p. (In Russ.).
56. Zvyagintsev D. G., Babeva I. P., Zenova G. M. *Biologiya pochv* [Biology of Soils]. Moscow: MGU, 2005. 445 p. (In Russ.).

The article was received 30.10.18.
Accepted for publication 12.11.18.

For citation: Demakov Yu. P., Nureev N. B. Bioactivity of Soils of Forest Biogeocenoses in Middle Volga Region. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management*. 2018. No 4 (40). Pp. 21–33. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.4.21

Information about the authors

Yuriy P. Demakov – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, State Nature Reserve "Bolshaya Kokshaga"; Visiting Professor at the Chair of Forest Plantations, Selection and Biotechnologies, Volga State University of Technology. Research interests – forestry, pedology, biogeocenology, ecology. The author of 330 publications, including 12 monographs and study guides.

Nail B. Nureev – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Chair of Ecology and Pedology, Volga State University of Technology. Research interests – forest pedology, biogeocenology, nature protection. The author of 50 publications, including one monograph.