

Рус.: УДК: 631.46

Микробная биомасса и базальное дыхание карьерно-отвальных комплексов с различными субстратами

Дмитракова Янина Александровна, Абакумов Евгений Васильевич

Аннотация:

Исследования были проведены на самозарастающих и рекультивированных карьерах Северо-Запада России. Были оценены основные биологические показатели, такие как содержание микробной биомассы, базальное дыхание почв и микробный метаболический коэффициент. Для всех изученных карьеров характерен низкий уровень биологической активности.

Ключевые слова: микробная биомасса, базальное дыхание, метаболический коэффициент, карьеры строительных материалов.

Eng.: *Microbial biomass and basal soil respiration of quarry-dumps systems with different substrates*

Dmitrakova Ianina Aleksandrovna, Abakumov Evgenij Vasil'evich.

Abstract:

The study was carried out at nonreclaimed and recultivated quarries with different soils in the North-West of Russia. The *basic biological indicators such as microbial biomass content, basal soil respiration and metabolic quotient were measured.* For all quarries the level of microbiological activity is low.

Keywords: *microbial biomass, basal soil respiration, metabolic quotient, quarries.*

Первые описания сложных взаимоотношений между живыми и косными системами появились в работе В. В. Докучаева «Русский чернозем». Именно он собрал воедино множество факторов, влияющих на педогенез, и указал на необходимость изучения различных типов почв, в частности нарушенных в результате деятельности человека [7]. Стоит отметить, что идеи великого русского ученого и в настоящее время имеют ведущее значение в современных исследованиях природы нашей страны.

Почвенные микроорганизмы – обязательный компонент любого биогеоценоза, выполняющий ряд важных метаболических и экофизиологических функций. Они участвуют в восстановлении растительного покрова и процессах круговорота веществ, способствуют поддержанию почвенного плодородия и регулируют отдельные звенья процесса гумификации [5,6]. Первоочередная роль почвенной биоты в корневом питании растений состоит в её способности переводить недоступные и малодоступные формы химических соединений, в элементы, которые способны усваиваться растениями [3]. Установлено влияние почвенных микроорганизмов на стабилизацию кислотно-основного баланса,

трансформацию корневых экссудатов, выделение ферментов, активно действующих на растения, кроме того было показано снижение уровня негативных последствий токсичных веществ на компоненты биогеоценозов [4]. Некоторые авторы отмечают способность биоты разрушать и синтезировать гуминовые вещества, улучшать физические параметры почв, воздушный, водный и другие режимы почв [8]. Биологическое состояние почв, которое в большей степени оценивается по микробиологической активности, рассматривается некоторыми исследователями как критерий почвообразовательных процессов [1]. Таким образом, положительные функции микробного сообщества можно свести к трансформации почвенных компонентов и свойств, трансформации чужеродных загрязняющих элементов и восстановлению естественного профиля почв [4, 2].

Карьеры по добыче строительных материалов могут характеризоваться высоким уровнем эмиссии CO₂ в атмосферу, постепенно, по мере восстановления сообществ начинают преобладать процессы депонирования (секвестрации) углекислого газа из атмосферы. Принято считать, что микробная биомасса является индикатором процессов накопления и минерализации органического вещества [13]. Во многих странах содержание углерода микробной биомассы, оцененное методом субстрат индуцированного дыхания, рассматривается как индекс качества почвы [12]. Состояние микробоценозов реплантоземов изучено довольно плохо, при этом именно этот компонент играет важнейшую роль в поддержании устойчивости сообществ и развитии экосистем. Кроме того, принимая во внимание все вышеупомянутые аспекты, особенно актуальным является изучение состояния микробиологического компонента на техногенных местообитаниях. Целью данного исследования являлась оценка количественного содержания микробного компонента и его активности.

Объекты и методы

Исследование проводили на территории 7 карьерно-отвалных комплексов. Пять из них расположены на территории Ленинградской области: 2 карьера по добыче известняка в поселках Елизаветино и Печурки, 1 – по добыче известнякового туфа в пос. Пудость, карьер по добыче песчано-гравийных отложений в п. Колтуши, месторождение фосфоритов в Кингисеппском районе, и 2 карьера расположено в Новгородской области – карьер по добыче песчано-гравийных отложений в дер. Окуловка и карьер по добыче огнеупорных глин в Устье-Брынкино (рис. 1).



Рис. 1. Месторасположение объектов исследований

Обозначение карьеров: 1 – карьер по добыче известняка (Елизаветино); 2 – карьер по добыче известнякового туфа (Пудость); 3 – карьер по добыче известняка (Печурки); 4 – месторождение фосфоритов в Кингисеппском районе; 5 – карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Колтуши); 6 – карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Окуловка); 7 – карьер по добыче огнеупорных глин (Устье-Брынкино).

На каждом карьере были выделены основные экотопы, соответствующие элементарному почвенному ареалу, и проведен отбор образцов для лабораторных исследований. Характеристика объектов исследования приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

№ участка	Особенности участка
Карьер по добыче известняка (Елизаветино, Ленинградская область)	
1	Самозарастающий отвал отсева с зарослями ивы
2	Самозарастающее плотное днище, покрытое травянистым сообществом
3	Террасированная щебнистая поверхность, занятая мелколиственным лесом
Карьер по добыче известнякового туфа (Пудость, Ленинградская область)	
1	Рыхлый отвал элювия туфа, покрытый ельником
2	Скальное днище, покрытое травянистой растительностью
3	Окраина болота, с зарослями ивы
Карьер по добыче известняка (Печурки, Ленинградская область)	
1	Рекультивированный участок под лиственницей
2	Самозарастающее днище карьера, покрытое мхами
3	Самозарастающий отвал, покрытый мелколиственным лесом
Карьер по добыче фосфоритов (Кингисеппский район, Ленинградская область)	

1	Рекультивированный участок под елью
2	Рекультивированный участок под лиственницей
3	Рекультивированный участок под сосной
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Колтуши, Ленинградская область)	
1	Органический субстрат, используемый для горно-технической рекультивации
2	Рекультивированное днище под мелколиственным лесом
3	Террасированная поверхность, проведена биологическая рекультивация травами
4	Органогенный субстрат с большим количеством строительного мусора, используемый для рекультивации
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Окуловка, Новгородская область)	
1	Самозарастающий трансэлювиально-аккумулятивный экотоп, покрытый сосняком
2	Самозарастающее днище, покрытое сосняком
Карьер по добыче огнеупорных глин	
1	Трансэлювиально-аккумулятивный экотоп, биологическая рекультивация травами
2	Отвал, прошедший горнотехническую рекультивацию, покрытый мелколиственным лесом
3	Не рекультивированный отвал пиритосодержащей породы

Задачей исследования было количественное определение углерода микробной биомассы методом СИД. Общую микробную биомассу определяли с помощью субстрат индуцированного дыхания, которое фиксирует дополнительный отклик микроорганизмов на внесение питательного субстрата (глюкозы) [10]. Расчет проводили согласно формуле, предложенной J. P. E. Anderson [11]:

$$C_{\text{мик}} (\text{мкг С/г почвы}) = \text{СИД} (\text{мкл CO}_2/\text{г почвы в час}) \times 40.04 + 0.37.$$

Также нами оценивалось базальное дыхание почвы, определяемое по методике СИД, но в небогатенной субстратом почве. Микробный метаболический коэффициент (удельное дыхание микробной биомассы) найден как отношение величины базального дыхания к показателю углерода микробной биомассы: $q\text{CO}_2 (\text{мкг CO}_2 \text{ С/мг } C_{\text{мик/ч}}) = \text{БД}/C_{\text{мик}}$.

Результаты и обсуждение

Содержание микробной биомассы всегда было максимально в подстилке, значения составляли от 8,9 до 65, 6 мкг С/г почвы, различия между этими величинами составляли почти 7 раз (табл. 2). $C_{\text{мик}}$ максимален в подстилке трансэлювиально-аккумулятивного экотопа на карьере по добыче песчано-гравийных отложений в Новгородской области. Микробная биомасса подстилки всех остальных участков значительно меньше (от 13,0 до 8,9 мкг С/г почвы). Содержание $C_{\text{мик}}$ во всех остальных горизонтах изменяется в

узких пределах от 1,0 до 4,7 мкг С/г почвы. Как правило, наблюдается тенденция уменьшения этого показателя вниз по почвенному профилю. В целом, можно отметить очень низкое содержание почвенной микробной биомассы во всех изученных образцах по сравнению с естественными экосистемами, что говорит о медленной скорости восстановления почвенного покрова.

Таблица 2 – Основные микробиологические показатели почв

Участок	Горизонт	$S_{\text{мик}}$, мкг С/г почвы	БД, мкг $\text{CO}_2\text{-C}$ /г в час	$q\text{CO}_2$, мкг $\text{CO}_2\text{-C}$ /мг $S_{\text{мик}}$ в час
Карьер по добыче известняка (пос. Елизаветино, Ленинградская обл.)				
1	АУ	2,4	0,018	0,008
	С	2,0	0,027	0,013
2	АУ	2,3	0,032	0,012
	С	1,8	0,009	0,007
3	АУ	1,9	0,019	0,012
	АС	1,8	0,013	0,007
	С	1,4	0,028	0,018
Карьер по добыче известкового туфа (Пудость, Ленинградская обл.)				
1	О	12,4	0,200	0,016
	А	2,5	0,029	0,011
	АС	2,9	0,025	0,007
	С	1,4	0,023	0,017
2	А	2,9	0,032	0,008
	АС	2,0	0,024	0,010
	С	2,0	0,026	0,015
Карьер по добыче известняка (Печурки, Ленинградская обл.)				
1	А	4,7	0,023	0,005
	С	3,7	0,041	0,010
2	А	3,6	0,032	0,009
	С	3,8	0,018	0,005
3	А	4,3	0,021	0,005
	С	3,1	0,018	0,006
Карьер по добыче фосфоритов (Кингисеппский район, Ленинградская область)				
1	О	8,9	0,152	0,011
	АУ	2,4	0,073	0,021
	АС	1,6	0,023	0,013
2	О	13,0	0,091	0,007
	АУ	2,1	0,022	0,010
	С	1,6	0,035	0,019
3	О	11,0	0,094	0,008
	АУ	1,6	0,032	0,019
	Асg	1,5	0,013	0,007
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Колтуши, Ленинградская обл.)				

1	органострат	1,6	0,031	0,019
2	О	11,4	0,092	0,008
	АУ	1,6	0,021	0,013
	С	1,0	0,013	0,013
3	А	1,9	0,024	0,012
	С	1,4	0,021	0,015
4	органолитострат	1,8	0,029	0,016
Карьер по добыче песчано-гравийных отложений (Окуловка, Новгородская обл.)				
1	О	65,6	0,208	0,003
	А	4,5	0,031	0,007
	С	3,8	0,009	0,003
2	РУ	4,3	0,013	0,003
	С	3,9	0,016	0,004
Карьер по добыче огнеупорных глин (Устье-Брынкино, Новгородская обл.)				
1	АУ	2,8	0,043	0,014
	АС	2,5	0,040	0,015
	С	2,5	0,031	0,014
2	АУ	3,2	0,042	0,011
	АС	2,5	0,037	0,018
	С	1,1	0,009	0,012
3	С	1,0	0,008	0,014
	С	1,6	0,021	0,012

Базальное (микробное) дыхание изученных почв изменялось в пределах от 0,008 до 0,208 мкг $\text{CO}_2\text{-C/g}$ в час, различие между этими величинами в 26 раз. Как и в случае с содержанием микробной биомассы микробиологическое дыхание максимально в подстилке. Каких-либо значительных отличий между органоминеральными и минеральными горизонтами по данному показателю выявлено не было. Скорость продуцирования углекислоты на изученных участках намного ниже, чем у ненарушенных почв, что свидетельствует о низкой биологической активности.

Показатели базального дыхания и содержание микробной биомассы сильно зависят от таких параметров как влажность и температура [9]. В связи с этим, нами был рассчитан микробный метаболический коэффициент, который относится к интегральным показателям биологического состояния почв. Значения данного показателя варьировали от 0,003 до 0,021 мкг $\text{CO}_2\text{-C/mg C}_{\text{мик}}$ в час, различия между этими показателями в 7 раз. На карьере по добыче песчано-гравийных отложений отмечены минимальные значения $q\text{CO}_2$. Полученные результаты свидетельствуют о пониженной устойчивости микробных сообществ и неэффективном использовании органического субстрата.

Выводы

Установлено, что на изученных карьерах с различными субстратами довольно низкий уровень интенсивности микробиологических процессов. По величине микробной биомассы исследуемые образцы можно расположить в ряд: подстилка > органоминеральный горизонт > порода. Значения микробного метаболического коэффициента, которые не превышали 0,021 мкг CO₂-C/мг C_{мик} в час, свидетельствуют о нестабильном функционировании микробных сообществ. Таким образом, вне зависимости от типа субстрата и растительного сообщества восстановление микробиологической активности нарушенных земель крайне замедленно.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ мол-а-вед 15-34-20844.

Список литературы:

1. Ананьева Н.Д., Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. – 223 с.
2. Ананьева Н.Д., Благодатская Е.В., Демкина Т.С. Оценка устойчивости микробных комплексов почв к природным и антропогенным воздействиям // Почвоведение. 2002. № 5. С. 580-587.
3. Белоголова Г.А., Соколова М.Г., Пройдакова О.А. Влияние почвенных бактерий на поведение химических элементов в системе почва-растение // Агрохимия. 2011. № 9. С. 68-76.
4. Войно Л.И., Павликова Т.А., Сидоренко О.Д. Устойчивость и изменение численности почвенных микроорганизмов при нефтезагрязнении почвы // Высокоэффективные технологии, методы и способы для их реализации. М.: Изд-во МГУП, 2003. С. 160-162.
5. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы: Функционально-экологический подход. М.: МАИК «Наука, Интерпериодика», 2000. 185 с.
6. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. М.: Издательство Московского университета, 2012. 412 с.
7. Докучаев В. В. Русский чернозем // Избр. соч. М.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1948. Т. 1. 480 с.
8. Козлов А.В, Селицкая О.В., Значение микроорганизмов в поддержании устойчивости почв к воздействию антропогенных факторов // Вестник Мининского университета. 2015. № 3 (11). С. 27.

9. Приходько В. Е., Сиземская М. Л., Базальное дыхание и состав микробной биомассы целинных, агро- и лесомелиорированных полупустынных почв Северного Прикаспия // Почвоведение. 2015. № 8. С. 974
10. Ananyeva N.D., Susyan E.A., Chernova O.V., Wirth S. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia // European J. of Soil Biology. 2008. V. 44. № 2. P. 147–157.
11. Anderson J. P. E., Domsch K. H. A., 1978. Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978, V. 10. № 3. P. 215–221.
12. Conrad R. Soil Microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H₂, CO, CH₄, OCS, N₂O, and NO) // Microbiological Reviews. 1996. V. 60. № 4. P. 609–640.
13. Jenkinson D.S., Ladd J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover // Soil Biochemistry/ Eds. Paul E.A., Ladd J.N., N Y: Marcel Dekker, 1981. V. 5. P. 415–471.

Spisok literatury

1. Anan'eva N.D., Mikrobiologicheskie aspekty samoochishheniya i ustojchivosti pochv. M.: Nauka, 2003. – 223 s.
2. Anan'eva N.D., Blagodatskaya E.V., Demkina T.S. Ocenka ustojchivosti mikrobnyx kompleksov pochv k prirodnyx i antropogennym vozdejstviyam // Pochvovedenie. 2002. № 5. S. 580-587.
3. Belogolova G.A., Sokolova M.G., Projdakova O.A. Vliyanie pochvennyx bakterij na povedenie ximicheskix e'lementov v sisteme pochva-rastenie // Agroximiya. 2011. № 9. S. 68-76.
4. Vojno L.I., Pavlikova T.A., Sidorenko O.D. Ustojchivost' i izmenenie chislennosti pochvennyx mikroorganizmov pri neftezagryaznenii pochvy // Vysokoe'ffektivnye texnologii, metody i sposoby dlya ix realizacii. M.: Izd-vo MGUP, 2003. S. 160-162.
5. Dobrovolskij G.V., Nikitin E.D. Soxranenie pochv kak nezamenimogo komponenta biosfery: Funkcional'no-e'kologicheskij podxod. M.: MAIK «Nauka, Interperiodika», 2000. 185 s.
6. Dobrovolskij G.V., Nikitin E.D. E'kologiya pochv. M.: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2012. 412 s.
7. Dokuchaev V. V. Russkij chernozem // Izbr. soch. M.: Gos. izd-vo s.-x. lit., 1948. T. 1. 480 s.
8. Kozlov A.V, Selickaya O.V., Znachenie mikroorganizmov v podderzhanii ustojchivosti pochv k vozdejstviyu antropogennyx faktorov // Vestnik Mininskogo universiteta. 2015. № 3 (11). S. 27.

9. Prikhod'ko V. E., Sizemskaya M. L., Bazal'noe dyxanie i sostav mikrobnnoj biomassy celinnyx, agro- i lesomeliorirovannyx polupustynnyx pochv Severnogo Prikaspiya // Pochvovedenie. 2015. № 8. S. 974
10. Ananyeva N.D., Susyan E.A., Chernova O.V., Wirth S. Microbial respiration activities of soils from different climatic regions of European Russia // European J. of Soil Biology. 2008. V. 44. № 2. P. 147–157.
11. Anderson J. P. E., Domsch K. H. A., 1978. Physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978, V. 10. № 3. P. 215–221.
12. Conrad R. Soil Microorganisms as controllers of atmospheric trace gases (H₂, CO, CH₄, OCS, N₂O, and NO) // Microbiological Reviews. 1996. V. 60. № 4. P. 609–640.
13. Jenkinson D.S., Ladd J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover // Soil Biochemistry/ Eds. Paul E.A., Ladd J.N., N Y: Marcel Dekker, 1981. V. 5. P. 415–471.