

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ НА ШУНГИТОВЫХ ПОРОДАХ*

© 2003 г. Л. М. Загуральская, Р. М. Морозова

Институт леса, Карельский научный центр РАН, Петрозаводск

Поступила в редакцию 17.01.2001 г.

Представлены данные комплексных исследований морфологии, химии, структуры и биоразнообразия микробных сообществ темноцветных буроземов, сформированных на шунгитах. Охарактеризованы микробные комплексы пяти разновидностей шунгитовых буроземов, развитых на породах разного гранулометрического состава. Прослежена взаимосвязь трофического и таксономического состава микробного блока с физико-химическими показателями генетических горизонтов и морфологическими особенностями почвенных разностей.

ВВЕДЕНИЕ

Шунгитовые почвы в Карелии являются интразональными, формируются они преимущественно на моренных наносах в местах залегания геологических отложений шунгита. На своеобразии этих почв исследователи обратили внимание еще в конце XIX – начале XX веков. Позднее были изучены гранулометрический состав почвообразующих пород, морфология и химические свойства отдельных разновидностей почв, развитых на шунгитах и углистых сланцах. Они классифицированы как дерновые темноцветные и дерновые шунгитовые почвы [3, 8–9, 12–14]. Исследователями этого периода собран фактический материал, освещающий морфологические, геологические и физико-химические аспекты формирования шунгитовых почв.

Авторы придерживались разных точек зрения на развитие процесса почвообразования. Имеющиеся данные базируются в основном на результатах исследования отдельных разновидностей почв Заонежья. В них полностью отсутствуют сведения об активности микроорганизмов, одного из важнейших факторов почвообразования, но подчеркивается целесообразность ее изучения [2, 13], в связи с чем появилась необходимость более полного и всестороннего исследования этих почв на основе новых методических и теоретических подходов в надежде, что это поможет решить некоторые проблемы их генезиса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Среди основных районов распространения темноцветных почв, развитых на шунгитах, выделяется Заонежский полуостров на восточном берегу Онежского озера. Общее направление поч-

вообразовательных процессов здесь определяют географическое положение Заонежья, климат [11], формы рельефа, почвообразующие породы и растительный покров. В местах формирования шунгитовых почв естественная растительность часто отсутствует, так как они издавна используются в сельском хозяйстве, а в настоящее время находятся под лугами и залежами. Все темноцветные почвы, развитые на шунгитовых породах или морене с большим включением шунгитов, характеризуются черным или серо-черным цветом и слабо выраженной дифференциацией на генетические горизонты. При сильной щебнистости дерновые горизонты отличаются хорошей комковато-зернистой структурой. Мощность почвенного профиля на вершинах гряд составляет около метра, на склонах – уменьшается до 60 см. Разнообразен гранулометрический состав почвообразующих пород – сильно хрящеватые пески, супеси, суглинки, реже глины, очень редко – отложения, не содержащие хряща, гравия и валунов.

В соответствии с многолетней программой исследования процессов почвообразования на углеродсодержащих породах проводится изучение почвенного покрова Восточного Заонежья в местах выхода на поверхность шунгитовых сланцев и ледниковых отложений, обогащенных шунгитовыми породами. Почвы, развивающиеся на шунгитах, отнесены к буроземам и выделены в особый подтип темноцветных буроземов. В исследовании включены пять разновидностей почв, сформированных на породах разного гранулометрического состава и сложения, их характеристика приведена в табл. 1.

Обилие микроорганизмов, трофическую и таксономическую структуру микробного сообщества определяли в свежих почвенных образцах методом посева на селективные питательные среды. Количество бактерий, ассимилирующих

* Работа выполнена по гранту РФФИ 99–04–48468.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Почва	№ раз-реза	Гори-зонт	Глуби-на, см	Морфологическое строение	Растительность
Бурозем темноцветный суглинистый на шунгитовой морене, подстилаемой глинами, залегающими на коренных породах	6	Ad	0–4	Суглинистый, порошковидный	Травы, сплошной покров Ad, AГ' – густо переплетены корнями
		AГ'	4–25	Коричневато-темно-серый, суглинистый, комковато-зернистый с включениями валунов, щебня шунгитов и диабазов	
		AГ''	25–58	Тот же суглинок с большим количеством включений шунгита и диабазов	
Бурозем темноцветный, глееватый, суглинистый на шунгитовой морене, подстилаемой озерными суглинками	7	Ad	0–6	Темно-серый, суглинистый, комковато-зернистый с включением щебня, мелких валунчиков	Межа картофельного поля, сорняки Ad, AГ' – пронизаны корнями
		AГ'	6–25	Почти черный, суглинистый, зернистый, с включениями щебня шунгитов	
		AГ''	25–55	Почти того же цвета, суглинистый, комковато-зернистый с включением щебня	
Бурозем темноцветный на шунгитовой морене, подстилаемый шунгитовыми сланцами и диабазами	9	Ad	0–5	Темно-бурый, рыхлый с щебнем углистых сланцев и диабазов	Слабо развита, представлена травами, по краям поросль березы
		AГ'	5–25	Темный с буроватым оттенком, легко-суглинистый, рыхлый с большим количеством хряща сланцев и диабазов	
		AГ''	25–45	Темный легкий суглинок, рыхлый с большим включением диабазов	
Бурозем темноцветный на элюво-делювии шунгитов	11	Ad	0–5	Черный, рыхлый с включением щебня шунгитов	Сосна, ель, единично рябина, заросли можжевельника, луговые травы
		AГ'	5–25	Черный, суглинистый с большим количеством щебня шунгитовых сланцев	
		AГ''	25–45	Темно-серый, суглинистый с большим количеством шунгита	
Бурозем темноцветный глубинно-глееватый на озерных шунгитовых песках	14	Ad	0–5	Черный, дернина слабо развита	Травы, сорняки, межа картофельного поля
		AГ'	5–25	Черный, песчаный, рыхлый, много корней	
		AГ''	25–45	Черный, песчаный, плотный	

органические соединения азота, учитывали на мясо-мептонном агаре (МПА), использующих минеральный азот – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), аэробные или факультативно-анаэробные сапротрофные бактерии на универсальной среде Добровольской с соавт. [4], грибы – на сусло-агаре с лимонной кислотой, бациллы на среде МПА + сусло-агар (в равных объемах), актиномицеты – на КАА, олигонитрофилы – на среде Эшби, олиготрофные микроорганизмы – на почвенном агаре, целлюлозоразрушающие – на среде Гетчинсона по методу Пушкинской [10]. Химические анализы выполнены по общепринятым методикам [1]: общий углерод – по методу Тюрина, рН водной и солевой суспензии – потенциометрически, гидролитическая кислотность – по Каппену, соединения фосфора и калия – по Кирсанову.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование микробиоты шунгитовых буроземов включает сравнительный анализ вертикально-ярусного распределения микробных сообществ [6] с физико-химическими показателями генетических горизонтов и морфологическими особенностями почвенных разностей.

Шунгитовые почвы Заонежья отличаются значительным природным плодородием (табл. 2), богаты органическим веществом, содержание которого в дерновом и верхнем ярусе гумусово-аккумулятивного горизонта изменяется в пределах 1.5–12.7%, в подгоризонте AГ'' оно составляет 1.5–5%. Больше органического вещества содержат суглинистые буроземы, развитые на богатой шунгитовой морене и залегающие и элюво-делювии шунгитовых сланцев. В почвах, развитых на

Таблица 2. Химические свойства и содержание элементов питания в органогенных горизонтах темноцветных буроземов

Почва	Гори- зонт	Глубина, см	ППП*, %	С, %		рН		P ₂ O ₅	K ₂ O	V, %
				органи- ческий	шунги- товый	водный	солевой	мг/100 г		
Бурозем темноцветный суглинистый на шунгитовой морене	Ad	0-4	13.84	5.93	7.91	7.22	6.37	32.95	65.91	93.40
	Al'	4-25	8.25	2.93	5.33	6.00	4.50	20.25	6.14	76.59
	Al''	25-58	4.91	1.59	3.32	6.20	4.70	15.58	5.09	84.21
Бурозем темноцветный глееватый суглинистый на шунгитовой легко- суглинистой морене	Ad	0-6	16.00	8.43	7.58	7.26	6.80	37.24	38.24	93.39
	Al'	6-25	10.21	4.10	6.11	7.30	6.73	9.19	9.19	96.77
	Al''	25-55	7.97	3.24	3.53	7.35	6.61	5.74	5.74	96.37
Бурозем темноцветный на шунгитовой морене	Ad	0-5	11.14	3.44	7.70	6.20	5.57	9.01	49.17	77.31
	Al'	5-25	8.76	5.56	3.20	6.45	5.46	7.05	55.24	77.05
	Al''	25-45	9.07	4.72	4.35	6.26	5.65	12.04	11.88	84.38
Бурозем темноцветный на элюво-делювии шунгитов	Ad	0-5	19.58	12.72	6.86	5.60	4.90	6.28	78.55	71.71
	Al'	5-25	8.33	3.83	4.50	5.56	4.52	4.53	18.63	63.33
	AB	25-45	2.08	2.40	—	5.27	4.31	2.96	11.85	56.23
Бурозем темноцветный глубинно-глееватый песчаный	Ad	0-5	5.03	1.63	3.40	6.85	6.10	15.44	31.28	85.26
	Al'	5-20	3.69	1.95	1.74	6.70	5.62	20.15	12.90	76.55
	Al''	20-45	3.39	1.48	1.92	6.45	5.28	7.85	10.26	70.06

* ППП – потеря при прокаливании.

озерных шунгитовых песках, практически отсутствуют иловатые и пылеватые частицы, закрепляющие органическое вещество, чем и вызвано уменьшение его содержания по микробиологическому профилю до 1.5–2.0%.

Почвы характеризуются высокой степенью насыщенности основаниями, нейтральной или слабокислой реакцией среды, которая почти не изменяется по профилю, что связано с особенностями химического состава почвообразующей породы. Исключение составляют буроземы, сформированные на элюво-делювии диабазов и шунгитов с примесью силикатной морены. Поступление на поверхность почвы хвойного опада, служащего источником органических кислот, способствует подкислению почвы по всей глубине.

Количество доступных форм фосфорных соединений невелико, его изменчивость определяется составом почвообразующей породы, растительного покрова и т.д. Повышенное содержание подвижных фосфатов зафиксировано в суглинистых буроземах, при этом в песчаных буроземах оно почти в 2 раза снижено.

Темноцветные буроземы по сравнению с подзолистыми почвами отличаются богатством подвижных форм калийных соединений, в большей мере сосредоточенных в дерновом и верхней части гумусово-аккумулятивного горизонтов. Общим для всех шунгитовых буроземов является аккумулятивный тип распределения калия по профилю. В суглинистых почвах он закрепляется мелкоземом, обогащенным иловатыми и мелко-

пылеватыми частицами, в глееватых разновидностях, занимающих пониженные элементы рельефа, наблюдается вынос подвижных соединений калия за пределы почвенного профиля.

Изучение валового химического состава показало, что по характеру почвообразования эти почвы отличаются от всех других почв Карелии. Они характеризуются пониженным содержанием кремнекислоты и сравнительно высоким – всех остальных оксидов, довольно равномерно распределенных по профилю. Не отмечено и элювиально-иллювиального профильного перераспределения SiO₂, Al₂O₃ и Fe₂O₃, характерного для подзолистых почв. Почвообразование происходит главным образом под влиянием процессов метаморфизации, что свойственно почвам буроземного типа. Все это дало нам возможность отметить почвы, развивающиеся на шунгитовых породах, к буроземам и выделить их в особый подтип буроземов темноцветных, подчеркнув тем самым большую роль шунгита в генезисе данных почв [15].

Экологическая среда, изменения морфологических и физико-химических свойств отдельных разновидностей темноцветных буроземов отражаются на структуре микробного сообщества. Но распределение его компонентов по микробиологическому профилю почвы обусловлено и физиологическими потребностями самих организмов. Такие свойства, как аэробность и адсорбционная способность, способствуют их закреплению в верхних ярусах почвы. Кислотность, близкая к нейтральной, обогащенность гумусом, высокая

Таблица 3. Динамика структуры микробных комплексов в органогенных горизонтах темноцветных буроземов (тыс./г)

Почва	Горизонт	Глубина, см	Бактерии						Целлюлозоразрушающие микроорганизмы	Актиномицеты	Микромицеты
			аммонифицирующие	использующие минеральный азот	сапротрофные аэробные или факультативно-анаэробные	бациллы	олигонитрофильные	олиготрофные			
Бурозем темноцветный суглинистый на шунгитовой морене	Ad	0-4	22960	130084	52316	19	88560	40508	45	6560	322
	AI'	4-25	1097	8978	4408	5	2473	8189	5	464	13
	AI''	25-58	160	1713	1299	2	1656	2012	17	195	5
Бурозем темноцветный глееватый суглинистый на шунгитовой легко-суглинистой морене	Ad	0-6	14029	12863	33534	32	21708	41245	100% разрушение фильтра	97	130
	AI'	6-25	3226	12047	10212	20	5920	12817	3	681	10
	AI''	25-55	545	2457	2659	37	1903	3523	заселение фильтра миксобактериями	229	17
Бурозем темноцветный на шунгитовой морене	Ad	0-5	7439	37526	30672	13	44928	87350	7	2505	46
	AI'	5-25	2530	19965	14824	30	8704	9166	8	2720	20
	AI''	25-45	205	989	6426	17	853	11556	36	81	3
Бурозем темноцветный на элюво-делювии шунгитов	Ad	0-5	6446	28757	18914	11	17486	40414	11	5404	46
	AI'	5-25	1086	2368	7193	14	4440	4440	7	296	55
	AI''	25-45	1179	198	798	20	964	1801	2	46	3
Бурозем темноцветный глубинно-глееватый песчаный	Ad	0-5	35164	5357	40663	43	32969	48616	46	236	31
	AI'	5-20	4707	2328	10690	35	14848	26057	16	294	27
	AI''	20-45	2369	713	2611	38	2974	4697	9	2	3

пористость и благоприятный тепловой режим создают своеобразные экологические ниши для внутрипочвенного распределения микроорганизмов.

Результаты изучения количественного, трофического и таксономического состава прокариот и мицелиальных организмов показали, что для каждой почвенной экосистемы и ее генетических горизонтов характерны свои изменения структуры сообщества. Но во всех разновидностях темноцветных комплексов наблюдаются в дерновом горизонте и резко снижаются при переходе к гумусово-аккумулятивному, что соответствует уже описанным закономерностям (табл. 3). Биотопические и генетические различия почв проявляются в основном на уровне численности микробиоты. Таксономическая однородность ценоза, видимо, является следствием большой доли сапрофитных бактерий, осуществляющих трансформацию соединений азота (рис. 1).

При сравнении численности и биоразнообразия микробиоты почв, сформировавшихся на разных по гранулометрическому составу и слож-

нию почвообразующих породах, выделяются буроземы на глинах. От других разновидностей они отличаются преобладанием бактерий, ассимилирующих минеральные формы азота, высоким содержанием сапротрофного и олигонитрофильного комплекса бактерий и мицелиальных организмов. На этом фоне в песчаных буроземах сохраняется только интенсивное развитие сапрофитного бактериоценоза, участвующего в преобразовании белковых молекул, одновременно происходит снижение численности других микробных компонентов и их соотношений. Процессы трансформации органического вещества здесь сильно заторможены, доминируют бактерии, усваивающие органический азот. Отношение бактерий, использующих минеральный азот, к бактериям, ассимилирующим его органические соединения, уменьшается до 0.2-0.5 против 6-11 в буроземе, развитом на глинах, что указывает на слабо идущие минерализационные процессы, ограниченные аммонификацией растительного белка.

В числе ведущих экологических факторов формирования бактериальных сообществ, адап-

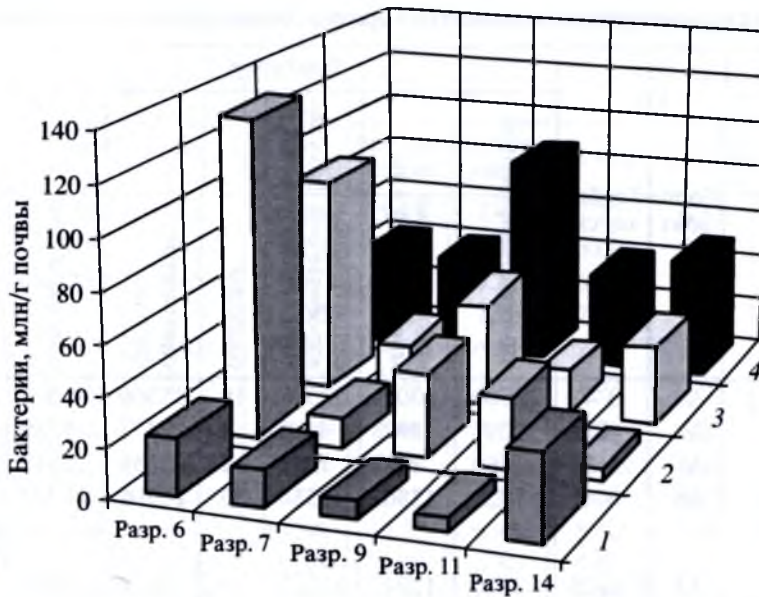


Рис. 1. Трофическое разнообразие бактерий в дерновом горизонте буроземов темноцветных: 1 – аммонифицирующие; 2 – использующие минеральный азот; 3 – олигонитрофильные; 4 – олиготрофные.

тированных к данному типу почв, выделяется влажность [5]. Примером почв с повышенным увлажнением в наших исследованиях являются глееватые буроземы, занимающие пониженные местоположения. В них зафиксировано уменьшение коэффициента минерализации органического вещества и численности всех трофических групп бактерий, за исключением бацилл, находящихся в состоянии эндоспор.

Сравнивая численность и структуру бактериального населения других исследованных почв, следует иметь в виду наличие в них ряда микроэлементов, имеющих в заметных количествах в шунгитах [13] или поступающих в почву в процессе биологического выветривания породы.

Выше перечисленные факторы среды (табл. 2), обусловившие структуру микробных сообществ в шунгитовых буроземах, условно входят в понятие “тип субстрата”. В данном случае субстрат достаточно богат для функционирования многочисленных, но довольно однообразных микробных комплексов. Потому здесь можно говорить не о конкретной группе, а о разных микроорганизмах, участвующих в деструкции почвообразующих пород, но сила их воздействия в каждом отдельном экотопе, видимо, определяется каким-то одним доминирующим и рядом взаимосвязанных с ним факторов.

Влияние типа субстрата на состав бактериального блока можно проследить, анализируя взаимосвязь между содержанием органического вещества в почве и встречаемостью отдельных бактериальных таксонов [5]. Во всех разновидностях темноцветных буроземов гетеротрофное расщепление белка осуществляется при участии аэ-

робных видов родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Bacterium*. В ряду буроземы на глинах – буроземы на элюво-делювии основными агентами разложения органической массы служат спорообразующие бактерии (р. *Bacillus*), приуроченные в основном к верхнему ярусу почвы, где их число измеряется 4248–5018 тыс./г и значительно убывает при продвижении вглубь. Доминирование бацилл связано с их способностью разрушать крахмал, пектин и реутилизировать микробную биомассу [5]. В почвенной разности, сформированной на песках, преобладают псевдомонады (р. *Pseudomonas*), характерные для почв с замедленными процессами преобразования органического вещества. Кроме названных таксонов бактериоценоз дернового горизонта эпизодически пополняется единичными экземплярами желтопигментных бактерий типа *Bacterium herbicola*. Характерной чертой всех видов почв является значительное преобладание вегетативных форм споровых бактерий над бациллами, находившимися в момент исследования в состоянии покоящихся спор. Эндоспоры составляют 0.4–26.8% от общего объема бациллярного комплекса, что указывает на активное участие спорообразующих бактерий в процессе почвообразования. Доминантом споровых являются бактерии типа *Bac. idosus* и *Bac. megatherium*. Низкая степень минерализации органического вещества при существующих биотопических особенностях не обеспечивает необходимых условий для размножения *Baccereus mycoides*, фиксируемого в незначительных количествах. Использованные методические приемы не позволили идентифицировать *Bac. agglomeratus*, несомненно присутствующих в северных почвах.

При изучении сапрофитных бактерий кроме стандартного питательного субстрата (мясо-пептонный агар) дополнительно использована среда Добровольской с соавт. [4]. Наши результаты подтверждают полученные ранее [4] и свидетельствуют, что применение данной среды расширяет возможности учета бактерий. Соотношение численности сапротрофного блока на вышеуказанных субстратах изменяется в пределах 2–31 раза (табл. 3). Тенденция увеличения количества сапротрофов особенно отчетливо проявляется в гумусово-аккумулятивном горизонте. Даже в его нижнем ярусе не отмечено традиционного уменьшения численности бактерий в большинстве вариантов. Однако в почве, обедненной органическим веществом (песчаный бурозем), не выявлено заметных различий в содержании микроорганизмов на сравниваемых питательных субстратах.

Для всех разновидностей почв характерно обильное заселение профиля олиготрофными бактериями, в среднем в 1.5–12 раз превышающими количество сапрофитов. Доминирование олиготрофного населения, также как и структура микробного сообщества северных почв, видимо, являются отражением экологической специфики бореальной зоны. Максимальные значения индекса олиготрофности зафиксированы в ряду глинистые – сланцевые буроземы на глубине 20–40 см. При переходе к элювиальным и песчаным разностям сглаживаются различия в численности олиготрофного и евтрофного бактериоценоза.

Обращает на себя внимание факт бурного развития целлюлозолитических микроорганизмов с явным доминированием порядка *Mycobacteriales*. В отдельных случаях целлюлозный субстрат был разрушен в пределах 90% уже через 20 суток экспозиции. Это свидетельствует о наличии активного комплекса целлюлаз и соответствующих условий почвенного режима для интенсивного размножения и функционирования целлюлозной микробиоты. Преобладание миксобактерий в сообществе целлюлозоразрушителей указывает на их участие в разрушении целлюлозы растительных остатков в верхних почвенных ярусах.

Структура и биоразнообразие грибного компонента почвенной биоты мало различаются в изучаемых экосистемах буроземного типа. Их характеризует чрезвычайно низкая численность (3–322 тыс./г) и монотонный состав микромицетов, количество которых уменьшается вниз по профилю (табл. 3). Практически всюду доминируют грибы из рода *Penicillium*. Доля пенициллов в общей численности измеряется 50–100% и лишь в суглинистых глееватых буроземах она снижается до 8–65%. Среди других встречаются неидентифицированные грибы с пониженной аэробностью, растущие внутри агара, в различных долях представлены розы *Mucor* и *Trichoderma*. Послед-

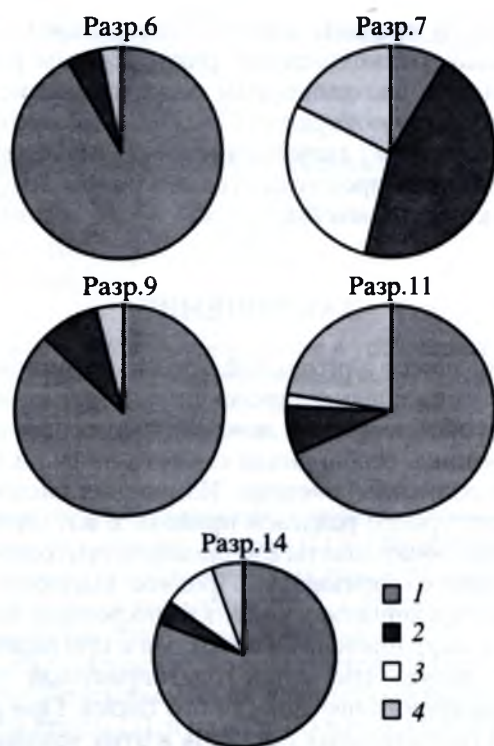


Рис. 2. Таксономическое разнообразие грибов (% от общего числа) в дерновом горизонте буроземов темноцветных: 1 – *Penicillium*; 2 – *Mucor*; 3 – *Trichoderma*; 4 – неидентифицированные грибы.

ние преобладают в органогенном горизонте суглинистых буроземов (рис. 2).

Особое место в группе мицелиальных организмов занимают актиномицеты. Распределение актиномицетов и микромицетов несколько отличается в разных биотопах (табл. 3), но их соотношение везде остается высоким и четко проявляется по всему профилю. Значительные различия численности мицелиальных прокариот и эукариот, видимо, можно рассматривать как отражение генетических факторов формирования шунгитовых буроземов. Обычно актиномицеты доминируют в почве, когда создаются условия для использования сравнительно труднодоступных субстратов [7]. Подобной закономерности никогда не наблюдалось в лесных подзолистых почвах, в мицелиальном комплексе которых доминирующее положение занимают грибы.

Актиномицеты относятся к выраженным аэрофилам, поэтому их основная масса сосредоточена в дерновом и гумусово-аккумулятивном подгоризонтах. Здесь они выявлены в довольно значительных для северных почв количествах (236–6560 тыс./г). В исследованных шунгитовых буроземах доля актиномицетов в сообществе микроорганизмов, ассимилирующих минеральные соединения азота, в большинстве случаев составляет 5–23%. Различия между биотопами более

заметны в профиле элювиально-делювиального бурозема, отличающемся равномерным распределением и максимальным сосредоточением микелиальных прокариот (12–23%). Таксономическая структура актиномицетов однообразна и представлена преимущественно родом *Streptomyces* (секции *Albus* и *Roseus*).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе длительной эрозии темноцветных буроземов, видимо, произошло перемешивание шунгитовой морены с почвенными горизонтами, увеличилась сорбционная емкость почвы и поглощение солнечной энергии. Изменения пищевого и температурного режимов привели к интенсивному развитию микробиоты в дерновом и гумусово-аккумулятивном горизонтах. Привнос высокомолекулярных органических кислот и микробных метаболитов с миграционными потоками и при перемешивании почвы обеспечил благоприятный режим функционирования микробного блока. При разложении растительных остатков в этих условиях накапливаются органические кислоты микробного происхождения и полифенолы [2]. Они образуют комплексные соединения с различными минеральными элементами и оказывают сильное разрушающее действие на компоненты породы.

Но о пороодообразующей деятельности микроорганизмов по отношению к шунгитам в литературе информации нет. Аристовской [2] описаны некоторые микробиологические и биохимические механизмы воздействия микроорганизмов на ряд других почвообразующих пород. Эти и полученные нами экспериментальные данные дают основание предположить возможность участия почвенных микробных сообществ в разложении шунгитов, а также в их деструкции с помощью микробных слизей. Реальным подтверждением тому служит наличие в составе микробного блока псевдомонад, спорообразующих бактерий, грибов родов *Penicillium*, *Mucor*, *Trichoderma*, активных форм целлюлозоразрушающих бактерий. Микроорганизмы, видимо, не являются единственными деструкторами шунгитов, но в этом процессе им принадлежит большая роль.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, 1980. 186 с.
3. Володин А.М., Тойка М.А. К вопросу классификации и инвентаризации шунгитовых почв Заонежского района Карельской АССР // Уч. зап. Петр. Гос. ун-та. Петрозаводск, Гос. изд-во Карельской АССР, 1958. Т. IX. Вып. 3. С. 205–217.
4. Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н., Лысак Л.В. Методы выделения и идентификации почвенных бактерий. М.: Изд-во МГУ, 1989. 72 с.
5. Добровольская Т.Г., Лысак Л.В., Звягинцев Д.Г. Почвы и микробное разнообразие // Почвоведение. 1996. № 6. С. 699–704.
6. Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г., Лысак Л.В. Вертикальный континуум бактериальных сообществ в наземных биогеоценозах // Журн. общей биологии. 1991. Т. 52. С. 162–171.
7. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М., Полянская Л.М. Разнообразие грибов и актиномицетов и их экологические функции // Почвоведение. 1996. № 6. С. 705–713.
8. Марченко А.И. Изучение основных почвенных разновидностей на территории Карело-Финской ССР // Уч. зап. Карело-Финского Гос. ун-та. Петрозаводск. Гос. изд-во Карело-Финской ССР, 1955. Т. VI. Вып. 3. С. 88–130.
9. Марченко А.И. Почвы Карелии. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1962. 309 с.
10. Пушкинская О.И. Влияние сплошной вырубki леса на состав микрофлоры в темно-серой почве // Сообщ. Лабор. лесовед. АН СССР. 1962. Вып. 7. С. 105–127.
11. Романов А.А. О климате Карелии. Петрозаводск. 1961. 140 с.
12. Тойка М.А. Темноцветные (шунгитовые) почвы Карело-Финской ССР // Уч. зап. Карело-Финского Гос. ун-та. Петрозаводск. Гос. изд-во Карело-Финской ССР, 1955. Т. VI. Вып. 3. С. 131–148.
13. Тойка М.А. Физические и химические свойства темноцветных (шунгитовых) почв Карело-Финской ССР. 1955. Т. VI. Вып. 3. С. 149–181.
14. Тойка М.А. К вопросу о генезисе дерновых шунгитовых почв // Уч. зап. Карело-Финского Гос. ун-та. Петрозаводск. Гос. изд-во Карело-Финской ССР, 1958. Т. IX. Вып. 3. С. 189–204.
15. Федорец Н.Г., Морозова Р.М., Синькевич С.М., Загуральская Л.М. Оценка продуктивности лесных почв в Карелии. Петрозаводск: Изд-во Кар. науч. центра РАН, 2001. 194 с.

Biological Activity of Soils on Schungite Rocks

L. M. Zagural'skaya and R. M. Morozova

Data on complex studies of the morphology, chemistry, structure, and biodiversity of microbial communities in dark-colored burozems on schungite rocks are presented. Microbial communities in five kinds of schungite burozems development from different-textured rocks are characterized. Interrelationships between the trophic and taxonomic composition of the microbial block and the physicochemical characteristics of genetic horizons and morphology of different soil kinds are revealed.