

М. Г. ТЯГНЫ-РЯДНО, А. П. ВИЗИР,
В. В. ЕРШОВ, Н. А. СИНЬКОВСКАЯ

МИКРОБИОЦЕНОЗЫ ПОЧВ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЛЕСА ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ»¹

В связи с глубокими исследованиями академика В. Н. Сукачева (1945, 1958) мы рассматриваем тип леса как тип лесного биогеоценоза, в котором жизнь микроорганизмов, имеющих большое значение в повышении продуктивности древостоев, занимает немалый удельный вес, тем более, что жизнедеятельность микробов определяет не только степень превращения органических и минеральных соединений в почве, но и мобилизацию их корневой системой лесных культур.

В условиях Карелии микрофлора почв под различными типами леса мало изучена. Исследования Р. С. Кацнельсон и В. В. Ершова (1957), Т. В. Аристовской (1957) и А. В. Барановской (1960) и др. не дают полного представления о взаимоотношениях тех групп микроорганизмов, которые характерны для основных типов леса Карелии, и влиянии последних на плодородие лесных почв.

С целью научного обоснования лесохозяйственных мероприятий сектор микробиологии Института леса Карельского филиала АН СССР впервые наиболее полно исследует динамику микрофлоры лесных почв таежной зоны южной Карелии. На первом этапе исследования (1958—1959 гг.) авторы поставили перед собой следующие задачи: 1) изучить микрофлору основных типов леса; 2) установить типы микробиоценозов, характерных для данных экологических лесорастительных и почвенных условий, и изучить их изменения в различные периоды года; 3) выявить взаимосвязь между микрофлорой лесных почв и ее плодородием.

Объектами исследования служили почвы трех следующих основных типов леса заповедника «Кивач»: 1) березняк разнотравный IX класса возраста, III бонитета, состава: 5Б+2 Ос+3С+Е; полнота 0,7; средняя высота 19 м; 2) ельник-черничник VI класса возраста, IV бонитета, состава: 6Е+3Б+Ос+С, полнота 0,8, средняя высота 18 м; 3) сосняк бруснично-вересковый VII класса возраста, IV—V бонитета, состава: 10С+Е+Б, полнота 0,9, средняя высота 20 м.

По данным Т. И. Левкиной (1961), почва под березняком разнотравным дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренными завалуненными легкими суглинками. Почва под ельником-черничником сильноподзолистая, тяжелосуглинистая, подстилаемая безвалунными глинами.

¹ В аналитической работе принимала участие Н. А. Филимонова.

По данным Н. В. Егоровой (1958), почва под сосняком бруснично-вересковым — железисто-иллювиальный маломощный подзол, песчаный, подстилаемый мелкозернистыми безвалунными песками.

Под пологом каждого типа леса во все периоды года почвенные пробы брались из шурфов трех пробных площадок по следующим генетическим горизонтам: A_0 , A_1A_2 и В. Средние пробы почвы и подстилки (около 1—2 кг) помещались в стерильные мешочки и в таком виде доставлялись в лабораторию. Анализ подвергались лишь свежие образцы. Микробиологические и физико-химические исследования проводились в секторе микробиологии, а химические — в секторе почвоведения.

При изучении качественного и количественного состава почвенной микрофлоры мы пользовались методом, разработанным Всесоюзным институтом сельскохозяйственной микробиологии ВАСХНИЛ. При этом общее количество аэробных бактерий определяли высевом почвенной суспензии в чашки Петри с мясо-пептонным агаром (МПА), споровые их формы по методу Е. Н. Мишустина (1948), аммонификаторы — высевом суспензии в пептонную воду. Грибы выращивали на сусло-агаре, актиномицеты — на крахмал-аммиачном агаре, нитрификаторы и анаэробный азотфиксатор *Clostridium Pasteurianum* — на среде Виноградского, денитрификаторы — на среде Гильтая, аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы — по методу Христеусена.

Биологическая активность почвы определялась по методу О. А. Вальтер, Л. М. Пиневица и Н. Н. Варасовой (1957), ферментативная активность по Гофману (Hofmann, 1952) в модификации Р. С. Кацнельсон (1958), влажность почвы весовым методом, рН и Eh в тм по И. П. Сердобольскому (1954).

Все средние данные обработаны вариационно-статистическим методом по А. В. Соколову (1954). Процент ошибки для микробиологических анализов в пределах достоверности.

Как видно из исследований Т. И. Левкиной (1961), почвы под пологом березняка разнотравного и ельника-черничника богаче глинистыми частицами, чем под сосняком бруснично-вересковым. Данные нашей лаборатории показали также, что в них не исключено агрегато-образование, интенсивно протекает влагонакопление, менее кислая реакция среды, более повышены окислительно-восстановительный потенциал и плодородие почвы.

Под пологом всех типов леса подстилка более увлажнена, чем горизонты почвы A_1A_2 и В (рис. 1). Наибольшая влажность в подстилке обнаружена под пологом березняка разнотравного, наименьшая — под пологом сосняка бруснично-верескового. Наибольшее количество поглощенного аммиака в подстилке обнаружено под пологом березняка (16,2 мг), несколько меньше — в ельнике-черничнике (13,5 мг) и незначительное — в сосняке-брусничнике (1,5 мг на 100 г почвы). В минеральных горизонтах под пологом березняка и ельника аммиака накапливается мало (0,8—1,6 мг), а под сосняком его нет (табл. 1).

Содержание фосфорной кислоты (P_2O_5), растворимой в 0,1 NH_4SO_4 , под пологом березняка разнотравного в горизонте A_1A_2 обнаружено 14,5 мг, под пологом ельника-черничника — 2,1 мг, а под пологом сосняка бруснично-верескового — следы; в горизонте В соответственно 2,5; 2,1; 1,5 мг на 100 г почвы. Правда, подстилка сосняка бруснично-верескового содержит значительное количество фосфорной кислоты (45 мг P_2O_5), общего азота и гумуса, но они, по-видимому, не поступают в минеральные горизонты почвы. Воднорастворимого гумуса под пологом сосняка бруснично-верескового не обнаружено, тогда как в подстилке

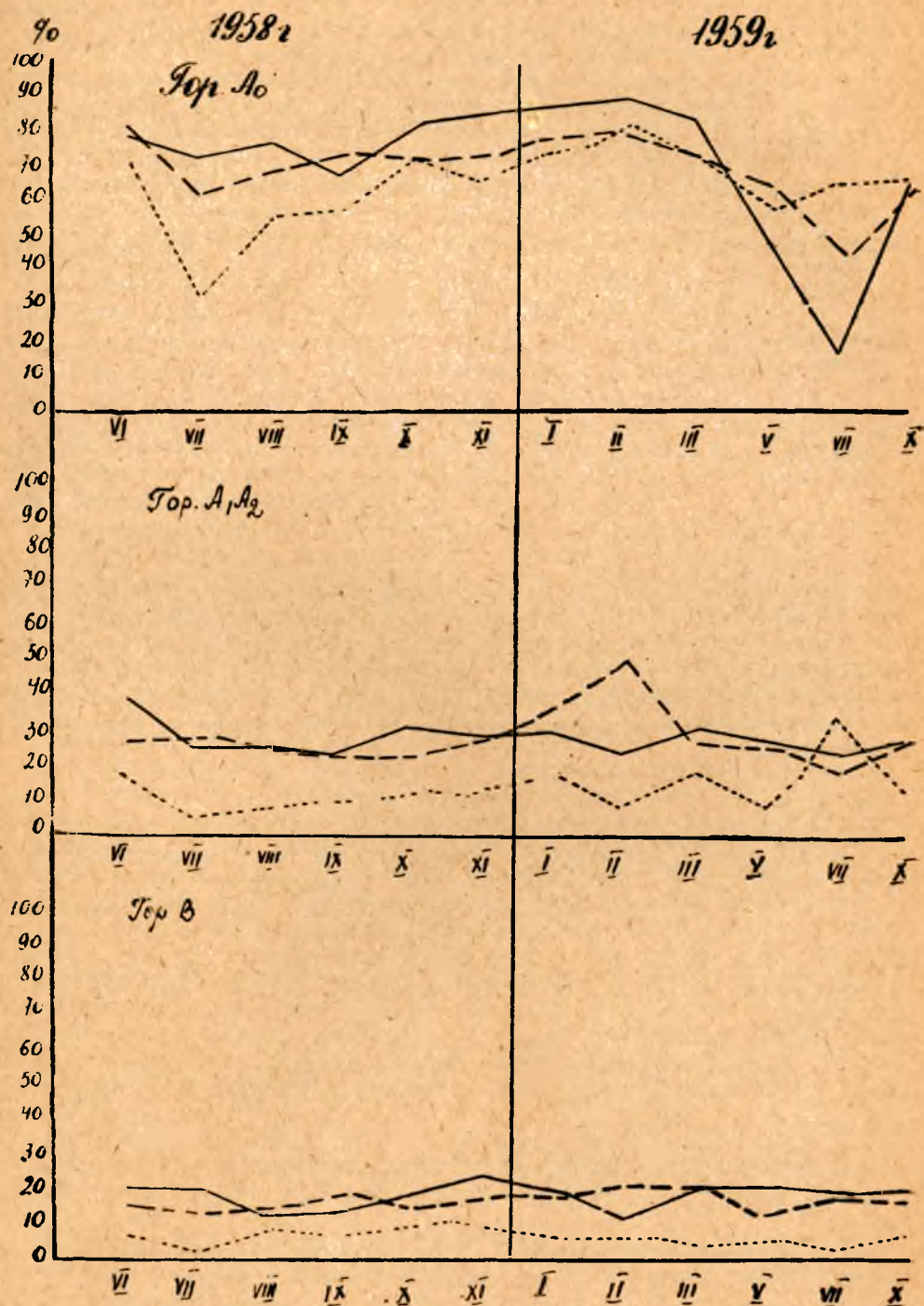


Рис. 1. Процент влажности почвы в основных типах леса заповедника «Кивач».

— березняк разнотравный; — — — ельник-черничник; сосняк-брусничник.

Таблица 1

Физико-химическая характеристика почв основных типов
леса заповедника „Кивач“

Тип леса	Горизонт	Мощность горизонта, см	рН	Еh в мв	NH ₃ в 1N KCl	P ₂ O ₅ в 0,1N H ₂ SO ₄	Гумус вод- нораство- римый, %	Азот	Гумус
					мг на 100 г почвы				
Березняк раз- нотравный	A ₀	0—3	6,6	458	16,2	61,7	0,62	0,78	70,43
	A ₁ A ₂	3—16	6,4	474	1,2	14,5	0,02	0,09	4,25
	B	16—30	6,4	471	1,1	2,5	2,02	0,04	1,42
Ельник чер- ничник	A ₀	0—7	5,6	512	13,5	27,9	0,41	0,64	59,68
	A ₁ A ₂	7—15	5,9	517	1,6	2,9	0,03	0,09	4,72
	A ₂ B	15—30	6,0	521	0,8	2,1	0,02	0,05	0,89
Сосняк брус- нично-ве- ресковый	A ₀	0—5	4,6	589	1,5	45,0	—	0,95	71,5
	A ₂	5—12	4,7	491	—	следи	—	0,025	0,49
	B	12—25	5,5	507	—	1,5	—	0,009	0,27

под березняком разнотравным и ельником-черничником его содержание достигает 0,6—0,4, а в минеральных горизонтах — 0,02—0,03%.

Таким образом, наибольшее количество питательных элементов сосредотачивается в подстилке исследуемых типов леса, меньше — в минеральных горизонтах почвы (A₁A₂ и B) березняка разнотравного и ельника-черничника и незначительное — под сосняком бруснично-вересковым.

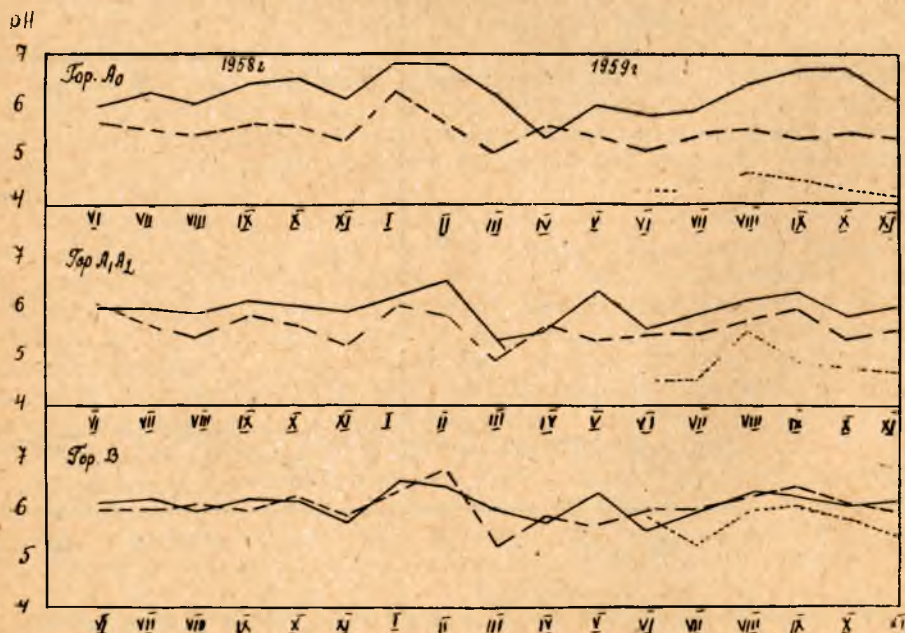


Рис. 2. Динамика рН почвы в различных типах леса заповедника „Кивач“.

— березняк разнотравный; — — ельник-черничник; сосняк-брусничник.

Под пологом березняка разнотравного рН почвы всех горизонтов менее кислый ($\text{pH}=6,6-6,4$), чем под пологом других типов леса. Самая кислая почва (горизонт A_2) и подстилка ($\text{pH}=4,6-4,7$) обнаружены под пологом сосняка бруснично-верескового (рис. 2). В горизонте В под пологом этого же типа леса рН почвы повышается с 4,6 до 5,5, а под березняком разнотравным, наоборот, понижается с 6,6 до 6,4, что согласуется с данными Н. В. Егоровой (1958) и Т. И. Левкиной (1961). Окислительно-восстановительный потенциал почв всех типов леса находится на достаточно высоком уровне для нормального развития всей аэробной микрофлоры и процессов гумусообразования, особенно в подстилке березняка.

Наши исследования также показали, что повышение азотистой и фосфорной пищи для древесных пород связано с размножением той или иной микрофлоры: под пологом березняка разнотравного — с бактериями, под пологом ельника-черничника — актиномицетами и под пологом сосняка бруснично-верескового — грибами.

Следовательно, характер накопления влаги, пищи и реакция среды под пологом березняка разнотравного и ельника-черничника более благоприятны для развития почвенной микрофлоры, чем под пологом сосняка бруснично-верескового (рис. 3).

Энергичное развитие аэробных бактерий обнаруживается под пологом березняка разнотравного, несколько слабее — под ельником-черничником и очень слабое — под сосняком бруснично-вересковым (рис. 3). При этом их наибольшее количество определено в подстилках исследуемых типов леса, меньше — в минеральном горизонте почвы A_1A_2 и очень мало — в горизонте В, особенно под сосняком. То же отмечает А. С. Творогова (1959) для лесных почв Архангельской области.

Динамика размножения аэробов характеризуется большой периодичностью: наибольшее количество их обнаруживается под березняком разнотравным осенью (69,3 млн.) и зимой (208,5 млн.), а под ельником-черничником и сосняком бруснично-вересковым — летом и осенью (8,8—9,8 млн. и 1,4—0,9 млн.), что вполне совпадает также с данными Р. С. Кацнельсон (1957), Т. В. Аристовской (1957) и А. В. Барановской (1960). При изучении плодородия лесных почв важное значение, как известно, имеет дифференциация аэробных микробов на споровые и неспоровые формы. Исследования Е. Н. Мишустина (1959), Е. Н. Мишустина и В. А. Мирзоевой (1953), Е. Н. Мишустина и А. Г. Тимофеевой (1944), М. Г. Тягны-Рядно (1959) и других показали, что в подзолах средней полосы Советского Союза неспоровые формы доминируют над споровыми. Процессы минерализации в них растительных остатков совершаются больше неспороносными микроорганизмами, чем их споровыми формами.

К таким же выводам пришли Н. А. Красильников (1944), Н. А. Красильников и Н. И. Никитина (1942), утверждая, что в ризосфере многих растений преобладают неспороносные бактерии, энергично разлагающие отмершие корни.

Американский ученый Кон (Сопп, 1916) считает, что спороносные бактерии находятся в почве в инактивном состоянии и значительной роли в почвенных процессах не играют.

Исследования Е. Н. Мишустина (1948, 1959), Е. Н. Мишустина и В. Н. Прокошева (1949) показали, что на первой стадии развития растений доминируют неспоровые формы, но после их смерти или внесения минеральных и органических удобрений количество споровых бактерий повышается. Они считают, что неспороносные формы усиливают первую

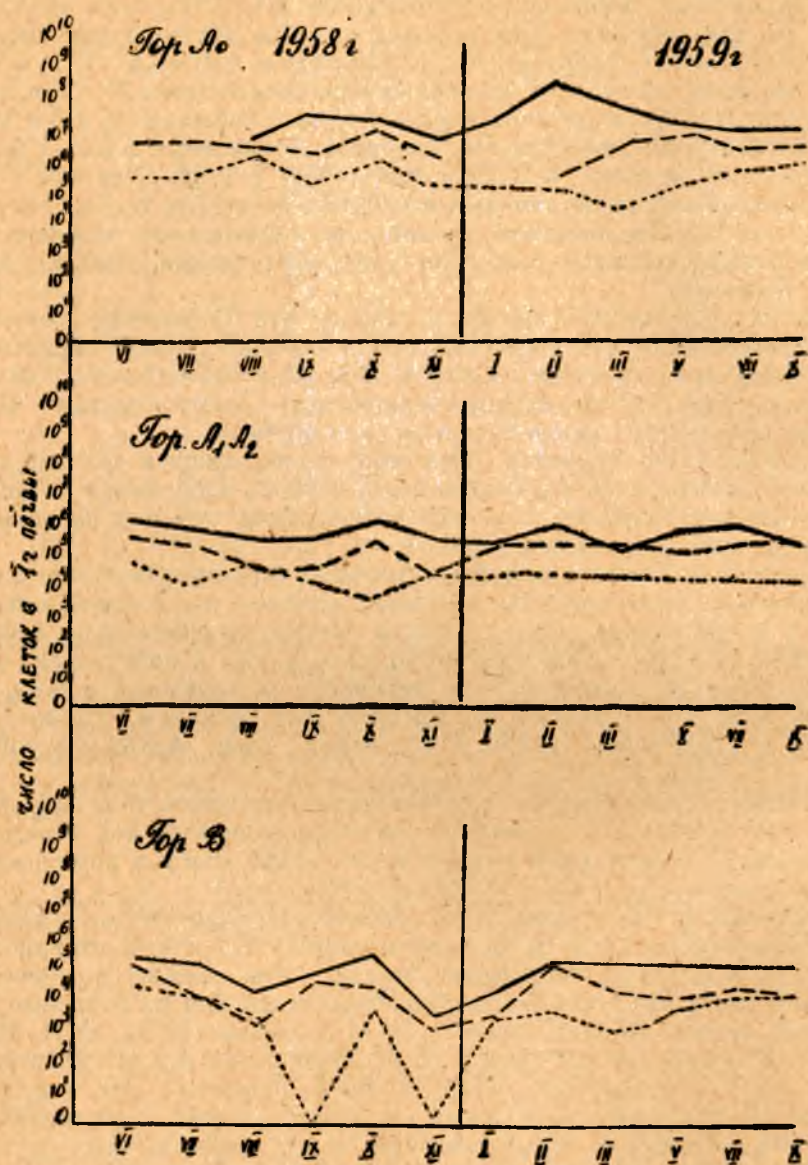


Рис. 3. Динамика размножения аэробных бактерий в почве основных типов леса заповедника "Кивач".

— березняк разнотравный; — — — ельник-черничник; сосняк-брусничник.

стадию минерализации органических веществ, а споровые — вторую, связанную с превращением белков микробного синтеза и трансформацией органического вещества по профилю почвы в целом. Н. М. Лазарев (1959) также отмечает, что процесс превращения органического вещества в почве развивается стадийно со сменой участвующих в нем сообществ микроорганизмов, на разных стадиях которого по-иному складываются условия корневого питания растений.

Исследования нашей лаборатории также показали, что во всех горизонтах почвы каждого типа леса неспороносные формы бактерий преобладают над споровыми (табл. 2).

Наибольшее количество аммонификаторов обнаруживается в подстилке березняка разнотравного и ельника-черничника, меньше их в горизонте В этих типов леса и во всех исследованных горизонтах сосняка бруснично-верескового (табл. 3, рис. 4).

Таблица 2

Содержание споровых и неспоровых форм бактерий в почве различных типов леса заповедника „Кивач“, тыс. на 1 г почвы

Тип леса	Горизонт	Мощность горизонта, см	Споровые	Неспороносные	Отношение споровых к неспороносным
Березняк разнотравный	A ₀	0—3	2118	68209	0,03
	A ₁ A ₂	3—16	472	1043	0,45
	B	16—30	90	549	0,16
Ельник-черничник	A ₀	0—7	1221	40093	0,03
	A ₁ A ₂	7—15	336	1062	0,32
	A ₂ B	15—30	30	91	0,33
Сосняк бруснично-вересковый	A ₀	0—5	171	730	0,23
	A ₂	5—12	17	150	0,11
	B	12—25	8	260	0,03

Таблица 3

Количество аммонифицирующих бактерий в почве различных типов леса заповедника „Кивач“, тыс. на 1 г почвы

Тип леса	Горизонты		
	A ₀	A ₁ A ₂	B
Березняк разнотравный	6038	177	310
Ельник-черничник	3190	332	30
Сосняк бруснично-вересковый	715	28	65

Такая же закономерность отмечена нами и в содержании аэробных целлюлозоразлагающих микроорганизмов и анаэробного азотфиксатора *Clostridium Pasteurianum* (табл. 4, рис. 4).

Кривая, показывающая развитие вышеуказанных групп микроорганизмов (рис. 4), как видно из приведенного материала, в основном совпадает с динамикой развития аэробных бактерий, но периодичность численности аммонифицирующих микроорганизмов менее выражена, чем у аэробных бактерий или *Clostridium Pasteurianum*. Количество денитрифицирующих бактерий по сравнению с другими физиологиче-

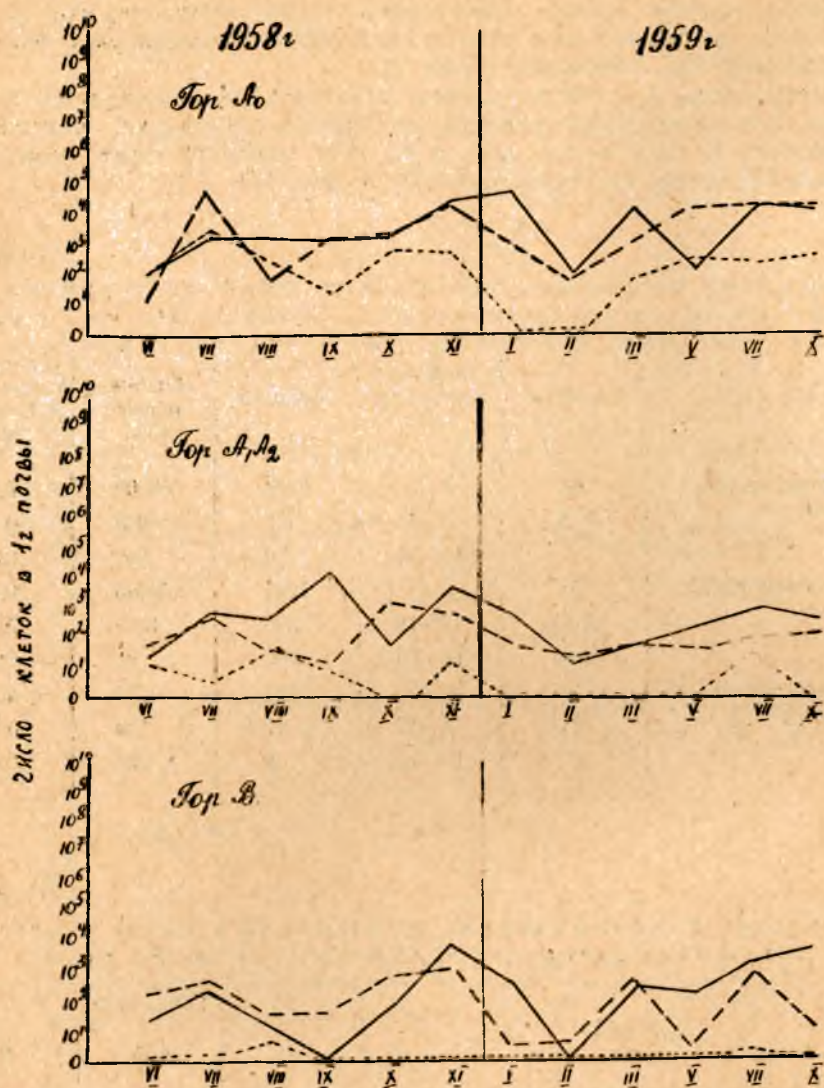


Рис. 4. Динамика развития *Clostridium Pasteurianum* в почвах основных типов леса заповедника „Кивач“.

— березняк разнотравный; — — — ельник-черничник; . . . сосняк-брусничник.

скими группами микроорганизмов весьма незначительное (рис. 5). Максимальное их развитие наблюдается в подстилке и минеральном горизонте А₁А₂ под пологом березняка разнотравного, слабее — под ельником-черничником. Под сосняком бруснично-вересковым они почти отсутствуют.

Нитрификаторы и азотобактер на жидких средах не были обнаружены, что, конечно, не исключает их рост на кремнекислых и почвенных пластинках.

Наибольшее количество грибов (микроскопических) определено в подстилке и горизонте А₁А₂ под пологом хвойного леса, особенно под

Таблица 4

Активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов
в почве основных типов леса

Годы	Березняк разнотравный			Ельник- черничник			Сосняк бруснично- вересковый		
	A ₀	A ₁ A ₂	B	A ₀	A ₁ A ₂	A ₂ B	A ₀	A ₂	B
1958	++++	+++	+	+++	++	+	++	+	—
1959	+++	—	—	++	—	—	—	—	—

Примечание. ++++ очень активны; +++ активны; ++ слабо активны; + следы; — не активны.

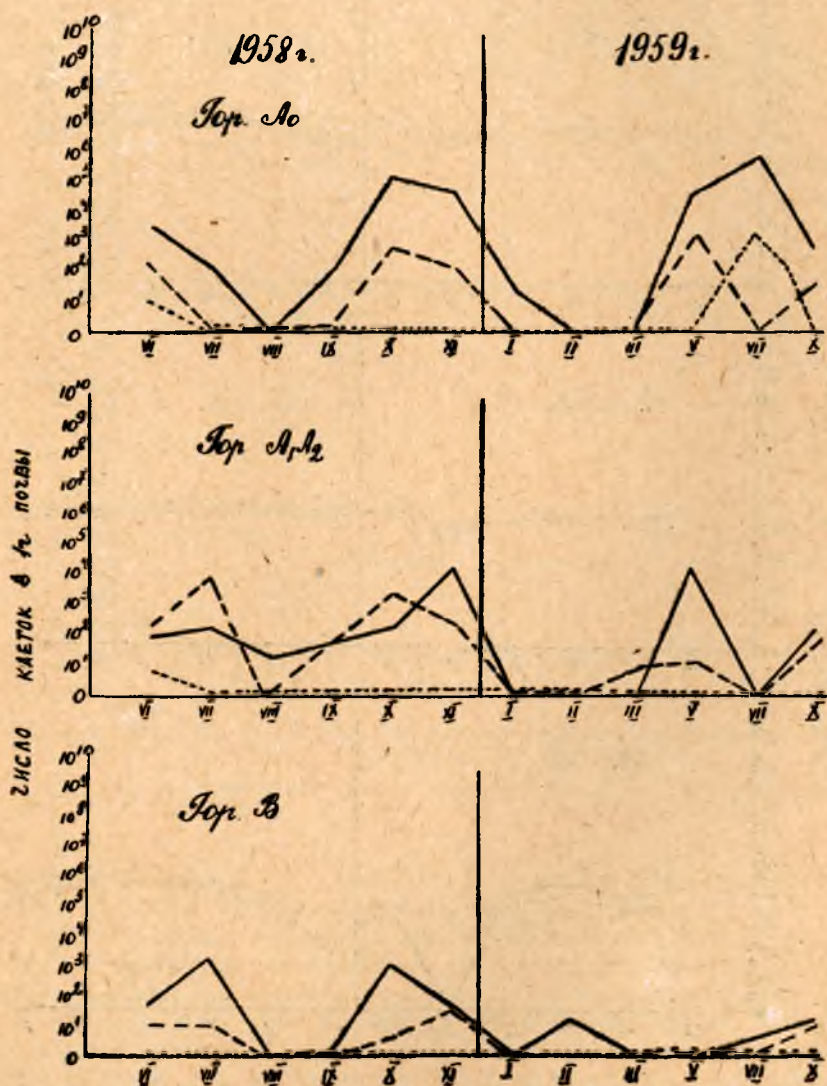


Рис. 5. Динамика денитрификаторов в почве основных типов леса заповедника «Кивач».

— березняк разнотравный; — — — ельник-черничник; сосняк-брусничник.

сосняком бруснично-вересковым, причем в горизонте A_2 их, примерно, в четыре раза больше, чем в горизонте В и в семь раз меньше, чем в подстилке (рис. 6).

Динамика развития грибов также периодична и неопределенна. Максимум их концентрируется под пологом хвойного леса в весенние и осенние (1,0—0,5 млн.), а под березняком разнотравным — в зимние месяцы (0,327 млн.).

Актиномицеты, как это видно из рис. 7, хорошо размножаются в подстилке и минеральном горизонте A_1A_2 ельника-черничника и березняка разнотравного, преимущественно весной и летом (4,8—0,87 млн.

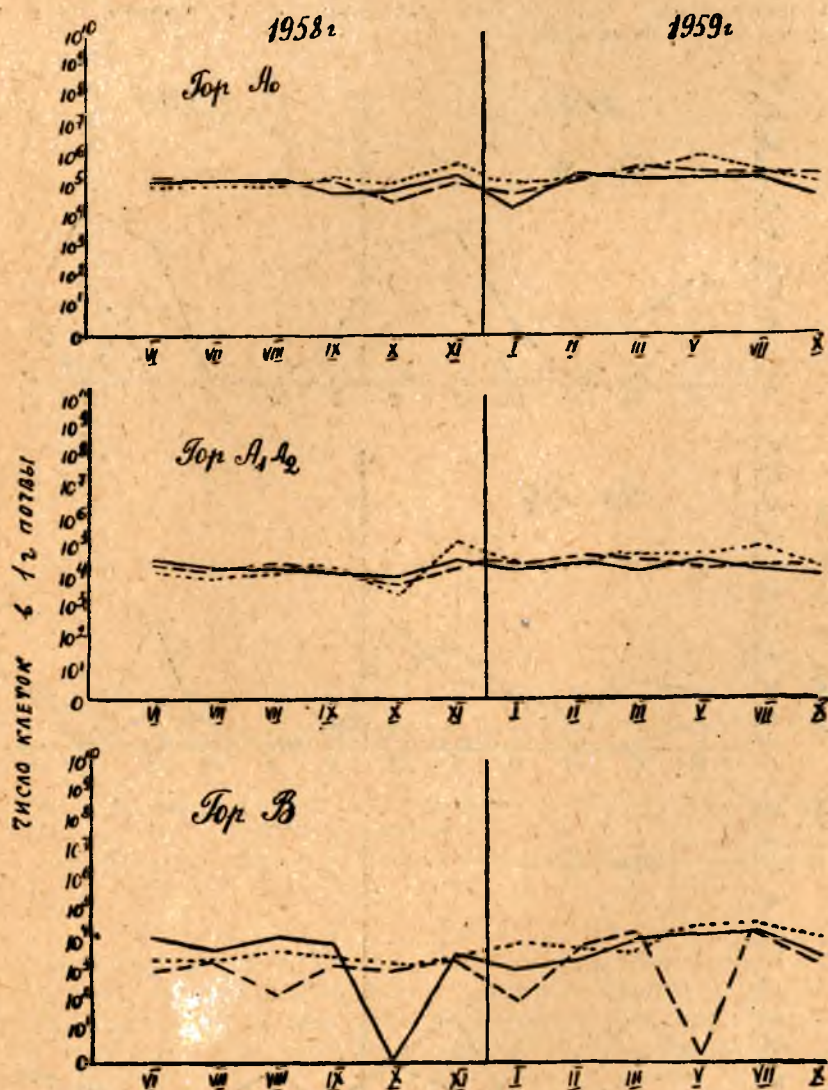


Рис. 6. Динамика размножения грибов в основных типах леса заповедника „Кивач“.

— березняк разнотравный; — — — ельник-черничник; . . . сосняк-брусничник.

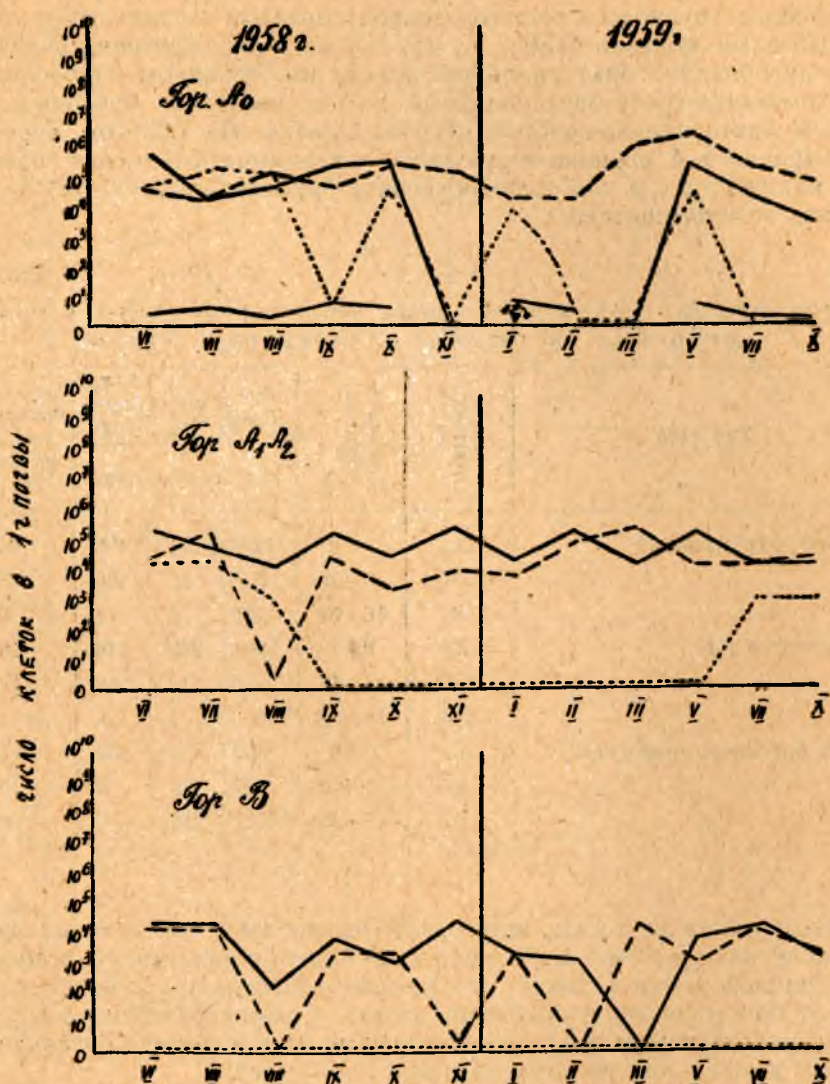


Рис. 7. Динамика развития актиномицетов основных типов леса заповедника «Кивач».

— березняк разнотравный; --- ельник-черничник; . . . сосняк-брусничник.

и 0,346—0,250 млн.). В горизонте В сосняка бруснично-верескового актиномицеты не были обнаружены в течение двух лет.

Видовой состав почвенных микроорганизмов основных типов леса также разнообразен, он оказывает иногда большое влияние на деятельность сложившихся микробиоценозов. Наши наблюдения показали, что в лесных почвах из бактериального ценоза встречаются: бактерии со слизистыми колониями, *Pseudomonas*, *Bac. mycoides*, *Bac. cereus*, *Bac. mesentericus* и другие. Грибную флору составляют главным образом представители родов *Micromycor*, *Mucor*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Torula* и другие. Из актиномицетов — белые и серые формы.

Анализ группового состава микроорганизмов лесных почв, проведенный нами, показал (табл. 5), что под пологом березняка разнотравного преобладает бактериальный ценоз, под ельником-черничником — актиномицетно-грибо-бактериальный и под сосняком бруснично-вересковым бактериально-грибной ценозы. Однако под пологом березняка разнотравного и ельника-черничника актиномицетный ценоз преобладает над грибным, а под пологом сосняка бруснично-верескового — грибной над актиномицетным.

Таблица 5

Соотношение различных групп микроорганизмов в почве основных типов леса заповедника „Кивач“

Тип леса	Горизонт	Мощность горизонта, см	Бак- терии	Грибы	Акти- номи- цеты	Отношение бактерий к грибам и актиноми- цетам
			тыс. на 1 г почвы			
Березняк разнотравный	A ₀	0—3	31960	171	169	94
	A ₁ A ₂	3—16	695	36	100	5
	B	16—30	205	10	13	9
Ельник-черничник	A ₀	0—7	3891	252	576	5
	A ₁ A ₂	7—15	220	35	58	2
	A ₂ B	15—30	52	4	8	4
Сосняк бруснично-вересковый	A ₀	0—5	502	330	32	1,4
	A ₂	5—12	27	49	5	0,5
	B	12—25	11	12	0	0,9

Если учесть не только микроскопические, но и все высшие грибы, то в подстилке и почве всех типов леса будет, по-видимому, доминировать грибной ценоз. Поэтому, по нашему мнению, при описании типа лесного биогеоценоза необходимо давать и характеристику микробиоценоза, участвующего в процессе минерализации и синтеза органических веществ в почве под пологом того или иного леса.

Активность вышеуказанных групп микроорганизмов зависит от их количественного соотношения, экологических факторов местообитания и почвенного покрова в целом.

Периодичность размножения микроорганизмов под пологом леса в значительной степени определяется сезонными изменениями температуры и влажности почвы, количеством и качеством корневых выделений, на что указывал С. А. Самцевич (1955), токсическим действием продуктов распада лесного опада, как установил Е. В. Рунов (1954, 1956) и накоплением периодина, как отметил А. Я. Худяков (1958).

Групповой количественный состав микроорганизмов, отмеченных выше, имеет большое значение для общей характеристики микробиологических процессов, протекающих в лесных почвах. Он позволяет судить о возможных направлениях биохимических превращений веществ, которые благодаря создавшимся определенным микробиологическим ценозам имеют место в конкретных типах леса. Однако не менее важную качественную характеристику типов леса может дать нам учет биологической, ферментативной активности и биогенности почв.

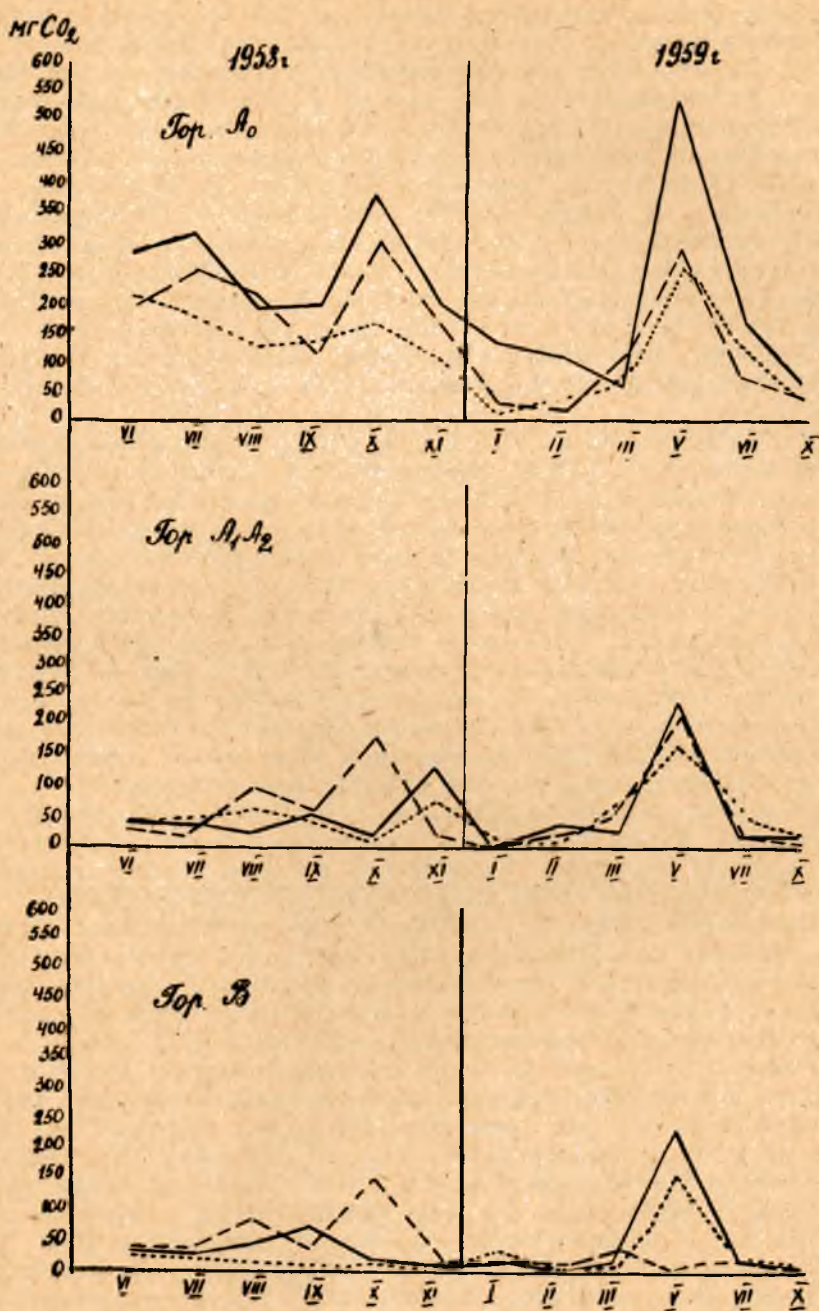


Рис. 8. Динамика биологической активности (дыхания почвы) в основных типах леса заповедника «Кивач».

— березняк разнотравный; --- ельник-черничник; . . . сосняк-брусничник.

Биологическая активность (выделение CO_2 из почвы), хотя и есть результат совокупной деятельности микробов, корневой системы растений, почвенных животных и водорослей, но в основном связана, конечно, с микроорганизмами. Если же иногда и наблюдается несоответствие между биологической активностью и плодородием почвы, то не потому, что такой закономерности не существует в природе, как об этом утверждали Ф. Шефер и Р. Твхтман (F. Scheffer, R. Twachtmann, 1953), Я. Дробник и Я. Сейферт (1955). По мнению В. В. Александровой (1959), она объясняется условиями среды и сроком анализа почвы.

Прямую связь между ферментативной, биологической активностью, плодородием и количеством микроорганизмов почвы отмечали В. Ф. Купревич (1958), П. А. Власюк (1955), Керф (Koerf, 1954), Е. А. Гофман (Ed. Hofmann, 1955), Шафер (G. Schaffer, 1954), А. Ваххаб, В. Ахмадшах (A. Wahhab, Ahmad shach), Борхари (1955) и Бораччио (Aldo Boroccio, 1958).

Р. С. Качнельсон и В. В. Ершов (1958), исследуя почвы Карелии, нашли зависимость между ферментативной активностью, количеством микроорганизмов и плодородием почвы в верхних горизонтах шунгитных и торфяно-болотных почв и не обнаружили ее в бедных железистых песчаных почвах под пологом сосняка бруснично-верескового. В нижних горизонтах подобной зависимости авторы также не наблюдали.

Наши исследования, как это видно из рис. 8, показали, что в подстилках указанных типов леса углекислоты выделяется значительно больше, чем в минеральных горизонтах $A_1 A_2$ и В. Причем под пологом березняка разнотравного ее выделяется больше, чем под пологом ельника-черничника и сосняка бруснично-верескового. Выделение углекислоты почвой в различные периоды года неодинаково, однако вышеуказанная закономерность отмечена почти во всех анализах.

Динамика активности протеазы (рис. 9) и сахаразы (рис. 10) в известной степени совпадает и подчеркивает почти в каждом месяце определенную тенденцию взаимосвязи с биологической активностью почвы. Расхождения наблюдаются лишь в отдельные сроки.

Биогенность почвы, определенная путем пересчета количества микроорганизмов на 1 г углерода или азота, более повышена в почве под пологом березняка разнотравного и значительно меньше под пологом ельника-черничника. Причем в подстилке этих типов леса она выше, чем в минеральных горизонтах $A_1 A_2$ и В (табл. 6).

Пересчет микроорганизмов на 1 г общего азота и углерода, содержащихся в подстилке березняка разнотравного, показывает, что количество их примерно в 6, а при пересчете на 1 г почвы в 7 раз больше, чем под пологом ельника-черничника. В горизонте $A_1 A_2$ содержание микроорганизмов как при пересчете на 1 г азота и углерода, так и на 1 г почвы в березняке в 2,6 раза больше, чем в ельнике-черничнике. В горизонте В соответственно количество микроорганизмов в 4—2 и 3,5 раза больше. В сосняке бруснично-вересковом, во всех горизонтах почвы, число микробов в пересчете на 1 г азота, углерода и почвы во много раз меньше по сравнению с березняком разнотравным. Особенно это характерно для горизонта A_0 .

Следовательно, вышеустановленная закономерность содержания микроорганизмов, рассчитанных на 1 г почвы, совпадает с ее биогенностью при пересчете их на 1 г углерода или азота.

Данные табл. 1 и 5 показывают, что во всех типах леса существует взаимосвязь между количеством микроорганизмов в почве, ее биологической, ферментативной активностью и содержанием питательных элементов. Так, если под пологом березняка разнотравного в подстилке

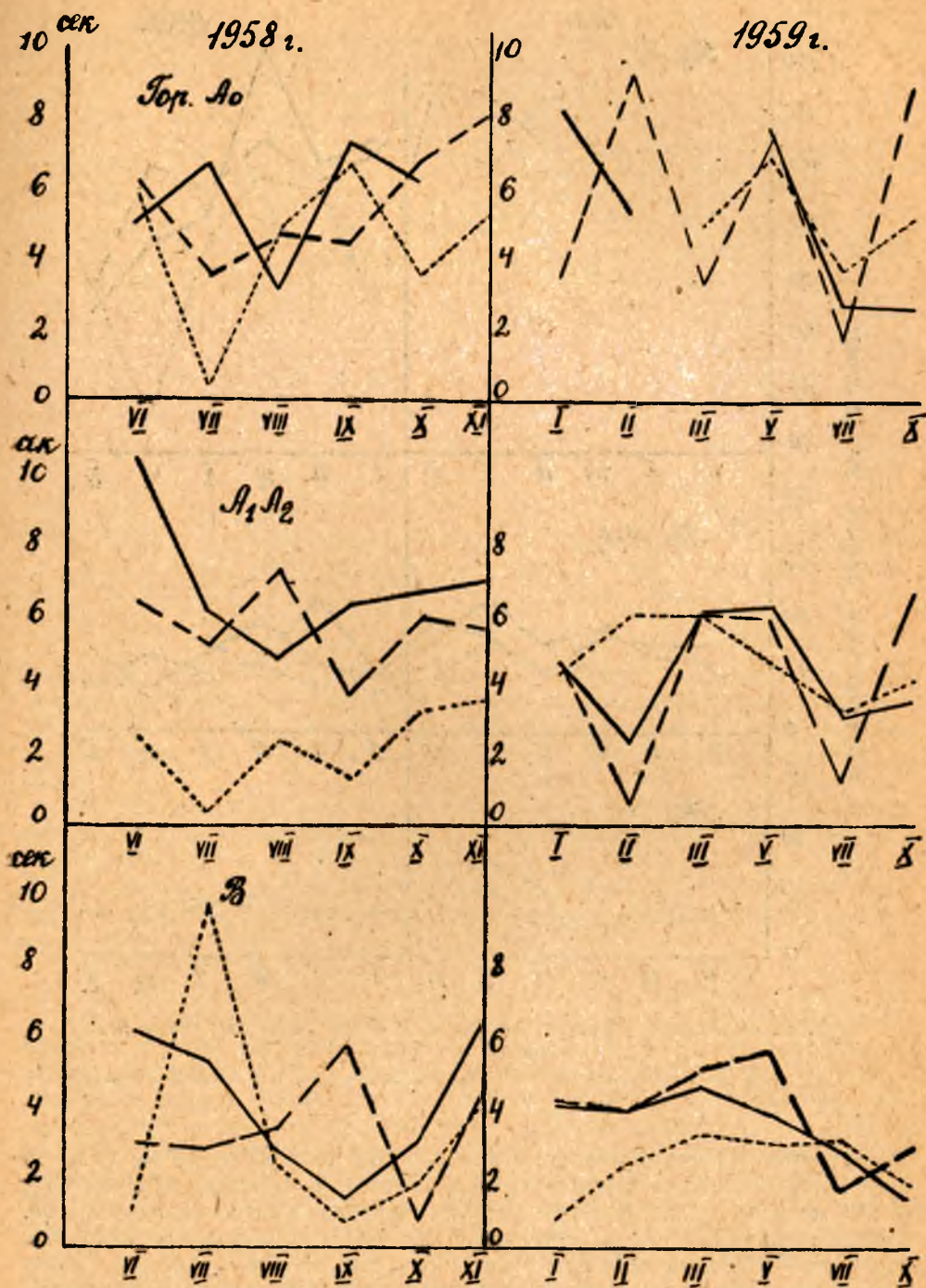


Рис. 9. Динамика активности протеазы почв основных типов леса заповедника «Кивач» (в сек изменения вязкости желатины на 1 г почвы).

— березняк разнотравный; - - - ельник-черничник; сосняк-брусничник.

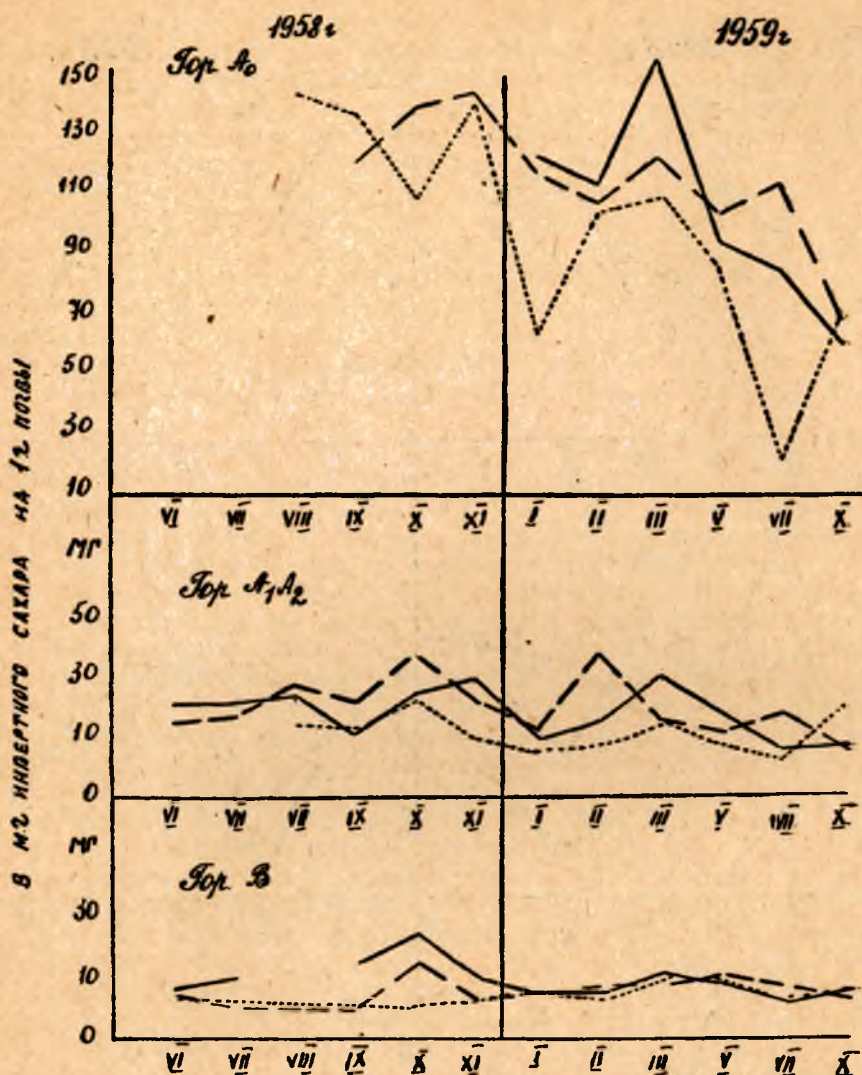


Рис. 10. Динамика активности сахаразы в почве основных типов леса заповедника "Кивач".

— березняк разнотравный; — — — ельник-черничник; . . . сосняк-брусничник.

обнаружено 32,3 млн. микроорганизмов, 16,2 мг NH_3 и 218 мг CO_2 , то под пологом ельника-черничника соответственно 4,7 млн., 13,5 мг NH_3 и 149 мг CO_2 , а под пологом сосняка бруснично-верескового 864 тыс. микроорганизмов, 1,5 мг NH_3 и 121 мг CO_2 . Наиболее интенсивные микробиологические процессы, связанные с их активностью и накоплением питательных элементов проявляются в подстилке, слабее в минеральном горизонте A_1A_2 и почти затухают в иллювиальном горизонте В.

При этом наиболее активно они протекают под пологом березняка разнотравного и ельника-черничника и гораздо слабее под сосняком бруснично-вересковым.

Конечно, биологическая и ферментативная активность почвы определяется той конкретной микрофлорой, которая доминирует в том или

Таблица 6

Зависимость между биологической, ферментативной активностью и количеством микроорганизмов в почве основных типов леса

Тип леса	Горизонт	Мощность горизонта, см	CO ₂ мг на 100 г почвы	Протеаза в сек. изменения вязкости желатины	Сахара в мг инвертного сахара	Кол-во микроорганизмов, тыс. в пересчете на 1 г		
				на 1 г почвы		почвы	углерода	общего азота
Березняк разнотравный	A ₀	0—3	218	5,5	97,5	32300	80955	4141000
	A ₁ A ₂	3—16	52	5,5	17,0	831	34200	923000
	B	16—30	44	3,8	9,7	228	28148	570000
Ельник-черничник	A ₀	0—7	149	5,7	113,5	4719	13839	737344
	A ₁ A ₂	7—15	60	4,8	19,9	313	13319	348000
	A ₂ B	15—30	40	3,5	4,8	64	12549	128000
Сосняк бруснично-вересковый	A ₀	0—15	121	5,0	99,0	864	1208	90947
	A ₂	5—12	54	3,6	12,0	81	16531	324000
	B	12—25	28	2,8	5,9	23	8518	255000

ином типе леса. Например, под пологом березняка разнотравного, как это видно из табл. 5, она определяется бактериальной флорой, так как последняя там доминирует — отношение бактерий к сумме грибов и актиномицетов в подстилке равно 94, а в минеральных горизонтах 5 и 9.

Под пологом ельника-черничника она определяется уже не только бактериями, но и актиномицетами, так как здесь их в 2 раза больше, чем грибов.

Под пологом сосняка-брусничника она определяется грибной флорой, так как грибы преобладают над всеми другими группами микроорганизмов, особенно в минеральных горизонтах почвы.

Н. Н. Степанов (1932) и К. А. Гаврилов (1950) указывают о более благоприятных условиях для развития почвенной микрофлоры под пологом лиственного леса, по сравнению с хвойным. Более того, они утверждают, что лиственные породы (береза, ольха и др.) в смешанных типах леса способствуют лучшему развитию хвойных, даже на бедных песчаных почвах. А. Ф. Мукин отмечает (1960), что существовавшая до сих пор практика посева чистых сосняков и ельников оказалась неверной. Чистые насаждения неустойчивы к ветровалам и буреломам, значительно снижают средний прирост и общую производительность. Автор пишет, что в настоящее время чехословацкие ученые также пришли к выводу о необходимости создания смешанных типов леса.

В. Б. Козловский (1960), изучавший смешанные елово-лиственные насаждения в течение 1956—1958 гг. на площади 5 млн. га в Пермской области пришел к выводу, что береза оказывает положительное влияние на химические свойства почвы. Она повышает в ней содержание азота, поглощенных оснований, подвижных соединений фосфора, калия, снижает кислотность во всем профиле почвы, повышает прирост ели и выход древесины. То же самое наблюдали в Ленинградской области М. А. Сафронов (1960), в Ярославской области В. С. Шумаков (1959).

Е. В. Рунов и Д. Ф. Соколов (1956) отмечают, что в смешанных лесах Московской области и в Деркульской степи тонус микробиологических процессов и плодородие почвы выше, чем в чисто хвойных насаждениях.

Данная закономерность нами обнаружена не только в лесных почвах заповедника «Кивач», но и в Пряжинском, Прионежском и Кондопожском районах, где в смешанных типах леса примесь березы и ольхи (до 30%) не ухудшает, а улучшает плодородие почвы и развитие ели.

К таким же выводам мы пришли при изучении различных по составу лесонасаждений в Куйбышевской области (Тягны-Рядно, 1959). Например, здесь в Красноярском лесничестве в 1 г почвы под пологом чистого соснового насаждения в горизонте А количество микроорганизмов равнялось 0,630 млн., а в смешанных насаждениях с примесью березы, ольхи, липы, клена до 30% — 5,37 млн. Соответственно в последних определено и большее содержание подвижных питательных элементов в почве. Так, NH_3 определено 6,5 мг в сосновом и 19,9 мг в смешанном лесу, NO_3 4,3 и 19,6 мг, P_2O_5 3,0 и 4,0 мг.

Взаимосвязь между количеством доступной пищи для древесной растительности и содержанием микроорганизмов, очевидно, характерна не только для зоны южной Карелии, но и для средней лесостепной полосы Советского Союза.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что наиболее продуктивным и производительным типом леса в условиях Карелии, с точки зрения микробиологической, является, по-видимому, смешанный тип березово-елово-сосновый.

ВЫВОДЫ

1. Микробиологические процессы наиболее активно протекают в подстилке всех типов леса, слабее в минеральном горизонте A_1A_2 и почти затухают в горизонте В, причем под пологом березняка разнотравного и ельника-черничника создаются более благоприятные условия почвенной среды и пищевой режим для развития леса и микрофлоры, чем под пологом сосняка бруснично-верескового.

2. Энергичное развитие аэробных бактерий отмечено под березняком разнотравным и ельником-черничником, особенно в подстилке и минеральном горизонте A_1A_2 , тогда как под пологом сосняка бруснично-верескового их размножение ослаблено.

Динамика содержания бактерий характеризуется большой периодичностью. Наибольшее их количество было определено под березняком разнотравным осенью и зимой, а под ельником-черничником и сосняком бруснично-вересковым летом и осенью.

3. Наибольшее количество грибов выявлено в подстилке и минеральном горизонте A_1A_2 хвойного леса, особенно под сосняком бруснично-вересковым. Динамика развития грибов также периодична и неопределенна. Их максимум концентрируется под пологом хвойного леса в весенние и осенние месяцы, а под березняком разнотравным в зимние.

4. Актиномицеты хорошо размножаются в подстилке и минеральном горизонте A_1A_2 ельника-черничника и березняка разнотравного (преимущественно весной и летом) и плохо под пологом сосняка бруснично-верескового. В горизонте В сосняка бруснично-верескового актиномицеты вовсе не были обнаружены в течение двух лет.

5. Из физиологических групп микроорганизмов активно размножаются (особенно в подстилке березняка разнотравного и ельника-черничника) аммонификаторы, целлюлозоразлагающие микроорганизмы

и анаэробный азотфиксатор *Clostridium Pasteurianum*. Денитрификаторы развиваются слабо, а нитрификаторы и азотобактер на жидких средах не обнаружены, что, конечно, не исключает их рост на кремнекислых и почвенных пластинках.

6. Анализ группового состава микроорганизмов лесных почв, проведенный нами, показал, что под пологом березняка разнотравного преобладает бактериальный ценоз, под ельником-черничником — грибо-актиномицетно-бактериальный и под сосняком бруснично-вересковым — бактериально-грибной ценозы. Однако под пологом березняка разнотравного и ельника-черничника актиномицетный ценоз преобладает над грибным, а под пологом сосняка бруснично-верескового — грибной над актиномицетным.

7. Во всех типах леса заповедника «Кивач» обнаруживается прямая, но не пропорциональная взаимосвязь между количеством микроорганизмов в почве, ее биологической, ферментативной активностью и содержанием питательных элементов.

8. Микробиоценозы почв основных типов леса в известной степени могут быть использованы при научном обосновании лесохозяйственных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

Александрова И. В. О методах определения активности некоторых почвенных ферментов. «Почвоведение», 1959, № 9.

Аристовская Т. В. Некоторые особенности микрофлоры подзолистых почв северо-западной части СССР. В кн.: «Сборник работ Центр. музея почвоведения АН СССР», вып. 2. Л.—М., 1957.

Барановская А. В. О сезонной изменчивости химических свойств почв лесной зоны. Там же, вып. 3. 1960.

Вальтер О. А., Пиневич Л. М., Варасова Н. Н. Определение интенсивности дыхания по выделению углекислоты. Практикум по физиологии растений с основами биохимии. М., Сельхозгиз, 1957.

Власюк П. А., Манорик А. В. Повышение биологической активности почвы под влиянием обогащенных компостов. ДАН УССР, 1955, № 5.

Гаврилов К. А. Влияние составов лесонасаждений на микрофлору и фауну лесных почв. «Почвоведение», 1950, № 3.

Дробник Я., Сайферт Я. Отношение энзиматической инверсии в почве к некоторым почвенно-микробиологическим тестам. *Folia biol.*, v. 1, f. 1, 1955.

Егорова Н. В. О сезонных изменениях некоторых химических свойств в почвах южной Карелии. «Тр. Карел. филиала АН СССР», вып. 9, 1958.

Кацнельсон Р. С., Ершов В. В. I. Исследование микрофлоры целинных и окультуренных почв Карельской АССР. «Микробиология», т. 26, вып. 4, 1957.

Кацнельсон Р. С., Ершов В. В. II. Биологическая активность почв КАССР. Там же, т. 27, вып. 1, 1958.

Красильников Н. А. Влияние растительного покрова на микробный состав в почве. Там же, т. 13, вып. 5, 1944.

Красильников Н. А., Никитина Н. И. Влияние разлагающихся корней на состав микрофлоры в почве. «Почвоведение», 1942, № 2.

Козловский В. Б. Влияние березы на продуктивность еловых насаждений. «Лесн. хоз-во», 1960, № 2.

Купревич В. Ф. Вопросы почвенной энзимологии. «Вестн. АН СССР», 1958, № 4.

Лазарев Н. М. Почвенно-микробиологические условия корневого питания растений и их диагностика. Тезисы докл. Всесоюз. микробиол. совещ. по роли микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности в питании растений. Л.—М., Изд-во АН СССР, 1959.

Левкина Т. И. Сезонная динамика химических свойств почв под ельником-черничником и березняком разнотравным заповедника «Кивач». (В настоящем сборнике).

Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М., Изд-во АН СССР, 1959.

Мишустин Е. Н., Тимофеева А. Г. Смена микрофлоры при процессе разложения органических остатков в связи с развитием в почве *Vas. mycoides*. «Микробиология», т. 13, вып. 6, 1944.

- Мишустин Е. Н., Прокошев В. Н. Изменение состава почвенной микрофлоры в результате длительности применения удобрений. Там же, т. 18, вып. 1, 1949.
- Мукин А. Ф. Из опыта чехословацких лесоводов. «Лесн. хоз-во», 1960, № 1.
- Мишустин Е. Н., Мирзоева В. А. Соотношение основных групп микроорганизмов в почвах разных типов. «Почвоведение», 1953, № 6.
- Мишустин Е. Н. О роли спороносных бактерий в почвенных процессах. «Микробиология», т. 17, вып. 3, 1948.
- Рунов Е. В. Микрофлора черноземов под лесными насаждениями в Деркульской степи. «Тр. Ин-та леса АН СССР», т. 15, 1954.
- Рунов Е. В., Соколов Д. Ф. Исследование влияния опада на биохимические и микробиологические процессы в почвах под лесными насаждениями. «Тр. Ин-та леса АН СССР», т. 30, 1956.
- Самцевич С. А. Влияние дубовых насаждений на микрофлору почвы и на ее эффективность в условиях засушливой степи. «Тр. Ин-та леса АН СССР», т. 24, 1955.
- Сердобольский И. П. Методы определения рН и окислительно-восстановительного потенциала при агрохимических исследованиях. В кн.: «Агрохимические методы исследования почв», М., Изд-во АН СССР, 1954.
- Соколов А. В. Определение точности опыта. Там же.
- Степанов И. И. Значение минерализации опавших листьев и хвои в поднятии производительности лесных почв. «На лесокультурном фронте», 1932, № 5—6.
- Сукачев В. Н. Типы леса и типы лесорастительных условий. М., Гослестехиздат, 1945.
- Сукачев В. Н. Лесная биогеоценология и ее лесохозяйственное значение. М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Сафронов М. А. Об использовании лесной типологии при организации хозяйств. «Лесн. хоз-во», 1960, № 3.
- Тягны-Рядно М. Г. Микрофлора почвенных агрегатов и питание растений. Сообщение на Всесоюз. микробиол. конф. в г. Ленинграде в 1959 г. «Изв. АН СССР», серия биол., 1962, № 2.
- Творогова А. С. О микрофлоре верхних горизонтов почвы луговиковых и кипрейнополовых вырубков. В кн.: «Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве», Архангельск, 1959.
- Худяков Я. П. Периодичность микробиологических процессов в почве. «Тр. Ин-та микробиологии АН СССР», вып. 5, 1958.
- Шумаков В. С. Лесные культуры и плодородие почвы. «Лесн. хоз-во», 1959, № 5.
- Borocchio Aldo. Dattivita catalasica del suolo cone indice biopedologico di fertilita. *Agrochimica* 2, № 3, 1958.
- Conn H. I. Are spore — forming bacteria of any significance in soil under normal condition. *N. V. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.*, № 51, 1916.
- Hofmann E. d. Enzymreactionen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. *Zeitschr. für Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkunde*, B. 56, H. 2, 1952.
- Hofmann E. d. Die Enzyme in Boden und ihre Bedeutung für seine. *Biologie und Fruchtbarkeit. Zeitschrift «Acker und Pflanzenbau»*, 100, № 1, 1955.
- Koepl H. Die biologische Aktivitat des Bodens und ihre experimentelle Kennzeichnung. *Zeitschr. für Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkunde*, B. 64, H. 2, 1954.
- Schaffer G. Atmuskurven des Bodens unter dem Einfluss Lungjähriger verschiedenartiger Düngung. *Zeitschr. für Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkunde*, B. 67, H. 3, 1954.
- Scheffer F., Fwachtmann R. Erfahrungen mit der Enzymmethode nach Hofmann. *Zeitschr. für Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkunde*, B. 62, H. 3, 1953.
- Wahhab A. Ahmad shah Borhari Soil fertility assesmeat by carbon dioxide evolution and field trials. *Pakistan Jour. Scient. Res.* 7, № 4. 1955.