

На правах рукописи

ПАВЛОВА ИРИНА ИВАНОВНА

**НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОБНОЙ
БИОМАССЫ В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ДЕЛЬТЫ
Р. СЕЛЕНГИ**

03.02.13 – почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Улан-Удэ

2010

Работа выполнена в лаборатории биохимии почв Института общей и экспериментальной биологии СО РАН

Научный руководитель: кандидат биологических наук,
доцент
Макушкин Эдуард Очирович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор
Абашеева Надежда Ефимовна
кандидат биологических наук,
доцент
Пьянкова Надежда Анатольевна

Ведущая организация: ФГНУ Институт прикладной
экологии Севера (г. Якутск)

Защита состоится «4» июня 2010 г. в «9» час. на заседании диссертационного совета Д. 003.028.01 в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН по адресу: 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6; факс (3012) 43-30-34; e-mail: ieob@biol.bscnet.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского научного центра СО РАН и на сайте <http://igaeb.bol.ru>

Автореферат разослан «29» апреля 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук

М.Г. Меркушева

Введение

Актуальность. Микробная биомасса представляет собой самостоятельный и незаменимый компонент в почве. Микроорганизмы являются катализаторами, определяют скорость и направленность многих биологических и биохимических реакций (Аристовская, 1980; Звягинцев, 1987; Бабьева, Зенова, 1989; Добровольский, 1999; Норовсурэн, 2007; Allen, 1991; Brooks, 2001; Nobel, 2005), влияющих на продуктивность всей экосистемы. Соотношение биомассы бактерий, грибов и актиномицетов в почве характеризует ее особенности и состояние в данный момент времени, а также является индикатором экологического состояния почвенного покрова (Полянская, Звягинцев, 2005).

В Забайкалье изучен микробный комплекс почв автоморфных территорий (Нимаева, 1989, 1992; Звягинцев, 1999). Хотя поймы рек обладают повышенной биогенностью (Никитина, Барыкова, 1982; Якутин, 1994) и являются ландшафтами высокой плотности жизни (Добровольский, 1968, 1971), микробоценоз аллювиальных почв Байкальского региона исследован недостаточно. Имеющиеся в настоящее время литературные данные (Макушкин и др., 2005, 2007; Сорокин и др., 2006) отражают вопросы оценки преимущественно их потенциальной (рост на питательных средах) микробиологической активности, а работы по профильному распределению микроорганизмов отсутствуют. Актуальность изучения микробного комплекса почвенного покрова дельты р. Селенги обусловлена тем, что последняя представляет собой важный участок территории для экосистем бассейна оз. Байкал, а почвы играют роль фильтров в очистке вод, поступающих в озеро.

Цель работы – определить закономерности профильного распределения и сезонной динамики микробной биомассы в аллювиальных почвах дельты р. Селенги.

Для достижения цели были определены следующие **задачи**:

1. Изучить почвенно-экологические условия функционирования микроорганизмов.
2. Выявить связь между количественными показателями микробных сообществ и основными физико-химическими свойствами почв.
3. Определить актуальную микробиологическую активность аллювиальных почв дельты.

4. Оценить вклад углерода микробной биомассы в формирование органического вещества в системе «почва-растение».

Научная новизна. Впервые исследован микробный комплекс слоистых и перегнойно-глеевых почв, широко распространенных в дельте р. Селенги. Приведена их микробиологическая характеристика в зависимости от физико-химических свойств и гидротермического режима почв. Установлены закономерности профильного распределения и сезонной динамики численности, структуры микробоценоза, а также вклад углерода микробной биомассы в формирование органического вещества в системе «почва-растение». Проведена оценка запасов элементов (С, N, P, K, S), заключенных в биомассе почвенных микроорганизмов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные материалы расширят представления о механизмах пространственно-временной организации и функционировании микроорганизмов в аллювиальных почвах дельтовых экосистем. Показатели микробиологической характеристики почв отражают их отличие по распределению численности, запасам биомассы, биогенных элементов, отношению $C_{мб}/C_{орг}$. Кроме того, результаты проведенных исследований, могут служить основой для биомониторинга и экологического состояния почв в дельте р. Селенги.

Защищаемые положения:

1. Почвенный покров дельты р. Селенги представлен преимущественно аллювиальными слоистыми и перегнойно-глеевыми типами почв, отличающимися гидротермическими и физико-химическими свойствами, которые определяют условия для функционирования микробоценоза.

2. Микробоценозы аллювиальных почв существенно различаются по численности микроорганизмов и их профильному распределению, накоплению биомассы и долевого участию $C_{мб}$ в формировании запасов органического углерода в почвах, интенсивности биологической активности.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на следующих конференциях: международных: “Экология и биология почв: проблемы диагностики и индикации” (Ростов-на-Дону, 2006, 2007), “Горные экосистемы и их компоненты” (Нальчик, 2007); Всероссийских: “Биоразнообразие

экосистем Внутренней Азии” (Улан-Удэ, 2006), “Экология в современном мире: взгляд научной молодежи” (Улан-Удэ, 2007); на V съезде Всероссийского общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Ростов-на-Дону, 2008).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 15 научных работ, в том числе 2 в рекомендованных изданиях ВАК.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 135 страницах компьютерного набора и содержит введение, 5 глав, заключение, 14 таблиц, 31 рисунок, приложения. Список использованной литературы включает 177 наименований, из них 21 на иностранном языке.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является обобщением материалов, собранных автором в результате полевых, микробиологических и химико-аналитических исследований в 2006-2008 гг в Институте общей и экспериментальной биологии СО РАН.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному руководителю к.б.н., доц. Э.О. Макушкину за консультации и критические замечания при подготовке работы.

Глава 1. Современное состояние изученности микробиологической активности аллювиальных почв дельты р. Селенги

В настоящее время численность и биомасса микробных сообществ аллювиальных почв дельты р. Селенги изучена недостаточно (Шахматова, 2004; Макушкин и др., 2005, 2007; Сорокин и др., 2006). В основном, исследования проведены методом посева на питательные среды и отражают микробиологическую активность верхнего слоя 0-20 см. Данные по полнопрофильному изучению микробиоценоза в дельтовых почвах отсутствуют.

Глава 2. Природно-климатические условия и структура почвенного покрова дельты

Согласно физико-географическому районированию (Атлас ..., 2000) район исследований входит в Байкальскую озерную котловину Прибайкальской котловинной провинции Байкало-Джугджурской горно-таежной области. В главе дан литературный

обзор по географическому положению, природно-климатическим условиям формирования и структуре почвенного покрова поймы р. Селенги и ее дельты.

Глава 3. Объекты и методы исследований

Полевые исследования и сборы материалов проводились в летне-осенний (июль-сентябрь) периоды 2006-2008 гг. на четырех участках, расположенных в районе протоки Левобережная, относящейся к дельтовому массиву р. Селенги. Объектами являлись почвы, представленные согласно «Классификации...» (2004) аллювиальными слоистыми (отдел слаборазвитые) и перегнойно-глеевыми (отдел аллювиальные) типами. На уровне разновидностей они отличаются по гранулометрическому составу и выделены нами как аллювиальные: слоистые глееватые супесчаная и легкосуглинистая (Сг сп и Сг лс), перегнойно-глеевые тяжело- и среднесуглинистая (ПГ тс и ПГ сс).

Определение биологической продуктивности проводились по методикам Л.Е. Родина и др. (1968), «Полевой геоботаники...» (1972) и Н.И. Базилевич (1993). Для изучения целлюлозолитической и протеолитической активностей использовали аппликационные методы (Гельцер, 1986). Почвенные образцы отбирались по всем генетическим горизонтам. Физико-химические свойства почв определены общепринятыми методами (Агрофизические..., 1968; Аринушкина, 1970; Агрохимические..., 1975); углерод микробной биомассы – регидратационным методом по Т.Г. Мирчинк и Н.С. Паникову (Ганжара и др., 2002); содержание N, P, K, S, заключенных в микробоценозе, установлено расчетным путем. Численность и биомасса микроорганизмов определялась методом люминесцентной микроскопии по Д.Г. Звягинцеву (Методы..., 1991), а их расчеты проведены согласно рекомендациям, предложенным Л.М. Полянской и др. (1995, 2005) и переведены на 1 г абсолютно сухой почвы. Препараты для учета прокариотного комплекса окрашивали акридином оранжевым, а эукариотного – калькофлуором белым. Показатели гумусного состояния почв приведены по градации Д.С. Орлова и др. (2004), обеспеченность подвижными формами фосфора и калия – по В.И. Титовой и др. (2004), микробиологические характеристики – по Д.Г. Звягинцеву (Методы..., 1991). Статистическая обработка осуществлялась

стандартными методами (Доспехов, 1972; Дмитриев, 1995) с помощью пакета программ Microsoft Excel 2000.

Глава 4. Почвенно-экологические условия функционирования микроорганизмов в аллювиальных почвах дельты р. Селенги

Региональная специфика дельтового процесса почвообразования откладывает отпечаток на морфологию и проявляется в почвах в слоистости и оглеении. Слоистость выражена чередованием погребенных горизонтов и песчаных прослоев, что связано с активными пойменными (паводковыми) и аллювиальными (отложение аллювия) процессами р. Селенги. Оглеение неравномерно распределено по профилю.

Наиболее оптимальными соотношениями плотности и пористости для жизнедеятельности микрофлоры ($0,6-0,9 \text{ г/см}^3$ и $60-70 \%$) обладают верхние и погребенные слои. В песчаных прослоях S^{III} наблюдается увеличение плотности до $1,5 \text{ г/см}^3$ и снижение порового пространства до $40-45 \%$.

Основные физико-химические свойства почв дельты р. Селенги представлены в таблице 1. Слоистые глееватые почвы по гранулометрическому составу супесчаные или легкосуглинистые и облепчаются по профилю до рыхлого песка, а перегнойно-глеевые – средне- и тяжелосуглинистые – до супеси или песка. В почвах отмечено значительное содержание фракций тонкого песка (до 95% – в слоистых) и крупной пыли (до 35% – в перегнойно-глеевых). В погребенных гумусово-слаборазвитых [W] и перегнойных [H] горизонтах возрастает количество илистой фракции. pH слаборазвитых почв изменяется от слабощелочных (при наличии CaCO_3) до слабокислых значений. Верхняя часть перегнойно-глеевых имеет почти нейтральную или слабощелочную реакцию, а нижняя – слабокислую, что характерно для почв, развивающихся по болотному типу. Содержание гумуса в гумусово-слаборазвитых и погребенных горизонтах низкое, а в песчаных прослоях – очень малое. Среднее значение гумуса отмечено в ПГ тс ($6,2\%$), а высокое – в Сг сп ($8,6\%$). Повышенные показатели подвижного Fe_2O_3 приурочены к слоям с высоким содержанием илистой фракции. Среди обменных катионов преобладает Ca^{2+} . Обеспеченность почв подвижными формами P и K низкая.

Таблица 1. Основные физико-химические свойства почв дельты р. Селенги

Горизонт	Глубина, см	Содержание частиц <0,01 мм	pH _{водн}	Гумус, %	N _{обит} , %	Fe ₂ O ₃ , %	Обменные катионы		ЕКО	Подвижные	
							Ca ²⁺	Mg ²⁺		K ₂ O	P ₂ O ₅
Отдел слаборазвитые почвы. Аллювиальная слоистая глееватая супесчаная (Р. 4)											
W _{Ca}	2-18	10,9	8,0	2,8	0,3	0,6	-	-	19,0	11,0	14,9
W _{Ca}	18-30	9,5	8,0	1,9	0,2	0,7	-	-	15,0	6,1	8,9
C1 [~]	30-38	2,2	7,5	0,4	0,03	0,5	6,6	4,4	-	4,3	5,9
W _C	38-42	9,0	6,8	2,1	0,2	1,1	12,8	8,0	-	4,4	7,1
[W]I	42-45,5	30,4	6,6	8,6	1,2	2,0	32,8	10,4	-	7,5	10,4
C2 [~]	45,5-55,5	2,9	7,6	0,3	0,2	0,6	6,0	4,0	-	2,3	2,9
[W]2	55,5-57	8,8	7,2	2,1	0,3	0,6	12,7	8,1	-	3,6	2,9
C3 [~]	57-70	2,6	7,7	0,2	0,2	0,4	3,4	1,7	-	0,9	2,7
[W]3	70-73,5	21,2	6,9	3,7	0,6	1,5	18,9	6,7	-	2,1	5,3
CG	73,5-87	3,6	7,5	0,3	0,1	0,4	6,5	4,4	-	0,8	3,1
Аллювиальная слоистая глееватая легкосуглинистая (Р. 5)											
W _{a1}	0-8	29,6	6,6	4,0	0,6	0,3	17,5	8,2	-	9,0	11,8
W _{a2}	8-18,5	19,5	7,0	1,6	0,3	0,5	16,6	9,9	-	6,4	8,9
C1 [~]	18,5-22,5	7,3	7,2	0,4	0,2	0,4	6,9	4,6	-	1,3	2,9
C2 [~]	23,5-26	4,4	7,3	0,2	0,1	0,3	5,5	3,4	-	1,0	4,7
[W _C]1	26-29	14,1	7,1	0,6	0,1	0,4	10,5	7,2	-	1,7	2,4
[W _C]2	29-41,5	7,6	7,5	0,3	0,06	0,6	7,2	4,8	-	1,5	3,0
C3 [~]	41,1-72	1,0	7,4	0,1	0,05	0,5	3,5	1,8	-	0,8	1,2
Отдел аллювиальные почвы. Аллювиальная перегнойно-глеевая тяжелосуглинистая (Р. 6)											
H	0-7,5/20	41,0	7,3	6,2	0,6	1,3	27,5	11,0	-	1,7	2,9
C _{св}	7,5/20-11/21	11,3	8,1	1,2	0,2	0,8	-	-	15,0	0,4	1,2
[H]	11/21-22/30	34,5	6,3	4,9	0,4	1,2	14,6	4,9	-	1,6	1,9
G	22/30-40	10,9	5,9	0,6	0,2	0,4	10,4	2,6	-	0,6	1,7
CG	40-69	4,5	6,2	0,2	0,05	0,4	4,2	2,1	-	0,5	1,3
Аллювиальная перегнойно-глеевая среднесуглинистая (Р. 7)											
H	0-20	31,5	7,4	3,9	0,4	0,8	12,3	11,7	-	1,3	2,9
H _с	20-31	21,2	6,5	3,1	0,3	0,8	12,8	8,6	-	1,0	2,8
CG	31-51	14,7	6,5	0,9	0,06	0,8	6,7	5,5	-	0,5	1,3

Слоистые глееватые почвы характеризуются близкими к оптимальным величинам полевой влажности для развития микробного комплекса в гумусово-слаборазвитых и погребенных горизонтах (40-60%). Перегнойно-глеевые почвы переувлажнены, в результате чего создается анаэробнозис.

Биологически активные температурные значения (выше 10⁰С) наблюдаются в слоистых глееватых почвах до глубины 50 см, а в перегнойно-глеевых – до 40 см. Такая разница обусловлена легким гранулометрическим составом почв слаборазвитого отдела, что позволяет им лучше прогреваться. Летом температура снижается по профилю от 20-25 до 12-15⁰С, а осенью от 10-15 до 8-12⁰С.

Минимальные значения общей фитомассы (табл. 2) отмечены в осоково-разнотравном сообществе, которое характеризовалось как малопродуктивное с индексом 4 балла. Низкая продуктивность связана с ботаническим составом, обуславливающим небольшую высоту травостоя (10-15 см) и произрастанием короткокорневищных луговых растений.

Таблица 2. Показатели биологической продуктивности растительных сообществ дельты

Растительное сообщество; почва	Фитомасса, ц/га сухого вещества				Балл продуктивности
	Надземная	Подземная (0-50 см)	Ветошь	Общая	
Разнотравно-осоково-злаковое; Сг сп	$\frac{56,3 \pm 5,2}{14,6}$	$\frac{320,8 \pm 10,4}{83,4}$	$\frac{7,8 \pm 0,6}{2}$	$\frac{384,8 \pm 14,9}{100}$	5
Осоково-разнотравное; Сг лс	$\frac{19,5 \pm 2,7}{11,9}$	$\frac{141,9 \pm 8,2}{86,5}$	$\frac{2,6 \pm 0,2}{1,6}$	$\frac{164,1 \pm 9,5}{100}$	4
Хвощево-осоково-злаковое; ПГ тс	$\frac{74 \pm 3,4}{15,7}$	$\frac{367,3 \pm 4,8}{78,2}$	$\frac{28,5 \pm 0,8}{6,1}$	$\frac{469,9 \pm 8,7}{100}$	5
Разнотравно-злаково-хвощево; ПГ сс	$\frac{80 \pm 1,6}{11,5}$	$\frac{597,1 \pm 24,7}{85,6}$	$\frac{20,1 \pm 0,4}{2,9}$	$\frac{697,2 \pm 26,4}{100}$	6

Примечание: в числителе – ц/га, в знаменателе – % от общей фитомассы

Остальные фитоценозы, произрастающие на почвах дельты, с 5 и 6 баллами отнесены к среднепродуктивным. Наиболее обогащенными растительными остатками оказываются перегнойно-глеевые почвы, что характерно для сообществ избыточного увлажнения.

Таким образом, более благоприятные условия для функционирования микробного комплекса создаются в слоистых глееватых почвах (легкий гранулометрический состав, хорошая аэрация и прогреваемость, оптимальная влажность и т.д.). В перегнойно-глеевых почвах относительно тяжелый гранулометрический состав определяет плохое прогревание; переувлажненность создает анаэробные условия и широкое развитие глеевого процесса, угнетающее деятельность большинства микроорганизмов.

Глава 5. Профильное распределение и накопление микробной биомассы в почвах дельты р. Селенги

Целлюлозолитическая и протеолитическая активности.

Степень разложения целлюлозы в слоистых глееватых почвах варьирует в широком диапазоне – от средней (33%) до очень

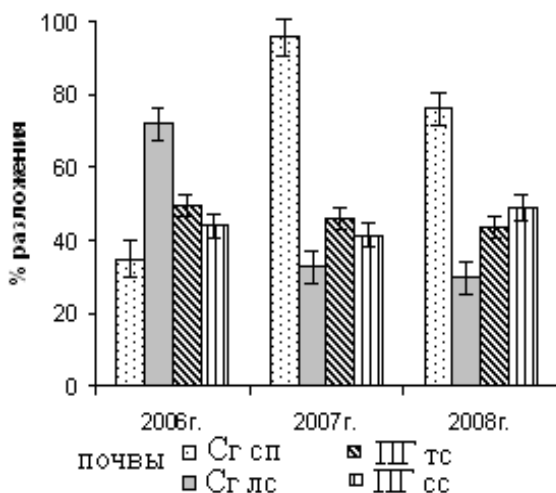


Рис. 1. Целлюлозолитическая активность почв дельты р. Селенги

сильной (96%) (рис. 1) и меняется в зависимости от гидрологического режима. Сильная степень разложения обусловлена активными паводковыми процессами р. Селенги, а средняя связана с подъемом уровня грунтовых вод. Разрушение целлюлозы в перегнойно-глеевых почвах соответствует средним показате-

лям – 41-49 %, так как они более автономны и стабильны по сравнению со слоистыми.

Высокая протолитическая активность в слаборазвитых почвах наблюдается в слое 0-30 см, а в перегнойно-глеевых толщина микробиологически активного слоя уменьшается до 20 см. В последних угнетающее влияние на функциональную способность микроорганизмов обусловлено физико-химическими свойствами, режимами температуры и влажности.

Динамика количественных показателей микробных сообществ. В Сг и Пг тс почвах неравномерное распределение биогенных веществ и содержания гумуса обусловило колебание количества бактерий по профилям (рис. 2). Летом в гумусово-слаборазвитых и погребенных горизонтах слоистых почв их численность варьирует в пределах 1,5–2 млрд на 1 г почвы. В песчаных прослоях (С[~]) и переходных горизонтах (WC) количество не превышает 1 млрд/г. В этот же период содержание бактерий в перегнойных слоях почв аллювиального отдела составляет 1,3 млрд/г, а в нижней части – 0,5-0,7 млрд/г почвы. Осенью их количество уменьшается из-за изменения термических условий: снижение t⁰C почв на 5-10⁰.

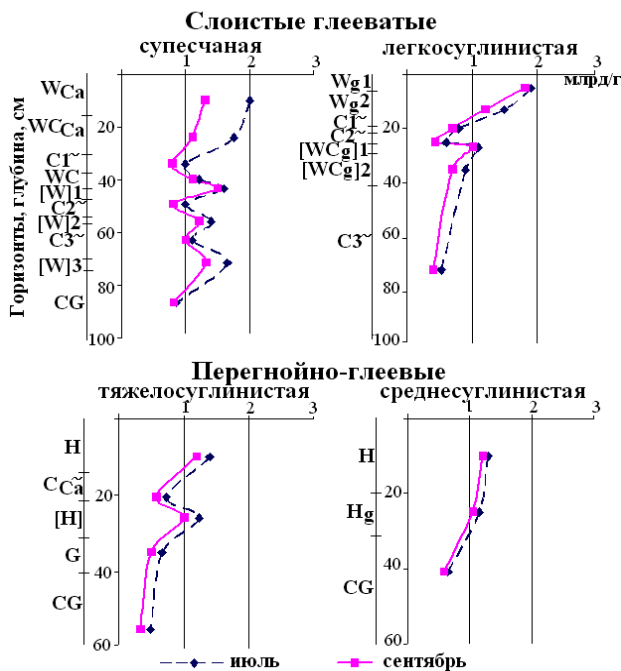
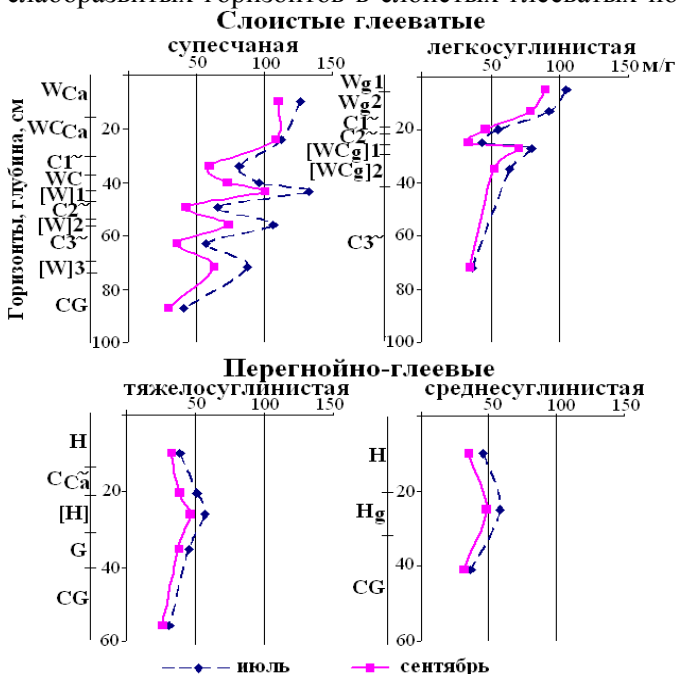


Рис. 2. Сезонная динамика численности бактерий в почвах дельты

ных прослоях (С[~]) и переходных горизонтах (WC) количество не превышает 1 млрд/г. В этот же период содержание бактерий в перегнойных слоях почв аллювиального отдела составляет 1,3 млрд/г, а в нижней части – 0,5-0,7 млрд/г почвы. Осенью их количество уменьшается из-за изменения термических условий: снижение t⁰C почв на 5-10⁰.

Длина актиномицетного мицелия (рис. 3) для гумусово-слаборазвитых горизонтов в слоистых глееватых почвах составила



летом – 100-120 м/г, а в перегнойно-глеевых – 40-60м/г. В песчаных прослоях показатель снижается до 40-60 и 30-40 м/г соответственно. Уменьшение мицелия в почвах аллювиального отдела почти в 3 раза по сравнению со слабораз-

Рис. 3. Сезонная динамика длины актиномицетного мицелия

витыми связано с их переувлажненностью. В Сг сп почве из-за лучшей прогреваемости длина выше. Осенью наблюдается снижение длины гиф мицелиальных прокариот в 1,3-1,5 раза. В изученных почвах дельты развитие актиномицетов лимитируется, что обусловлено гидроморфностью и, как следствие, плохой аэрацией. Кроме того, факторами, задерживающими их рост, являются близкое залегание мерзлоты и невысокие температуры профиля, а в перегнойно-глеевых еще слабокислая реакция в нижней части.

Грибной мицелий (рис. 4 а) развит в гумусово-слаборазвитых, переходных и погребенных слоях, а также в горизонтах со слабокислой реакцией среды. Накопление карбонатов в верхней части (2-30 см) Сг сп почвы лимитирует его развитие (120 м/ г).

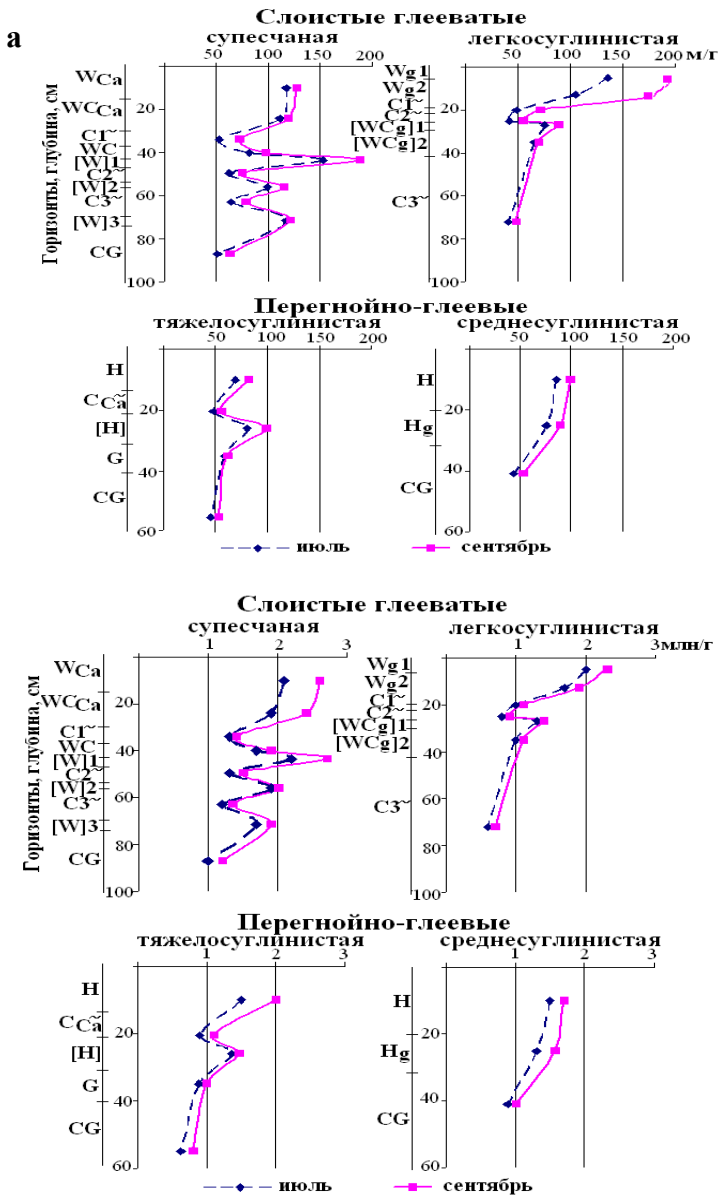


Рис. 4. Сезонная динамика длины мицелия (а) и численности спор грибов (б) в аллювиальных почвах

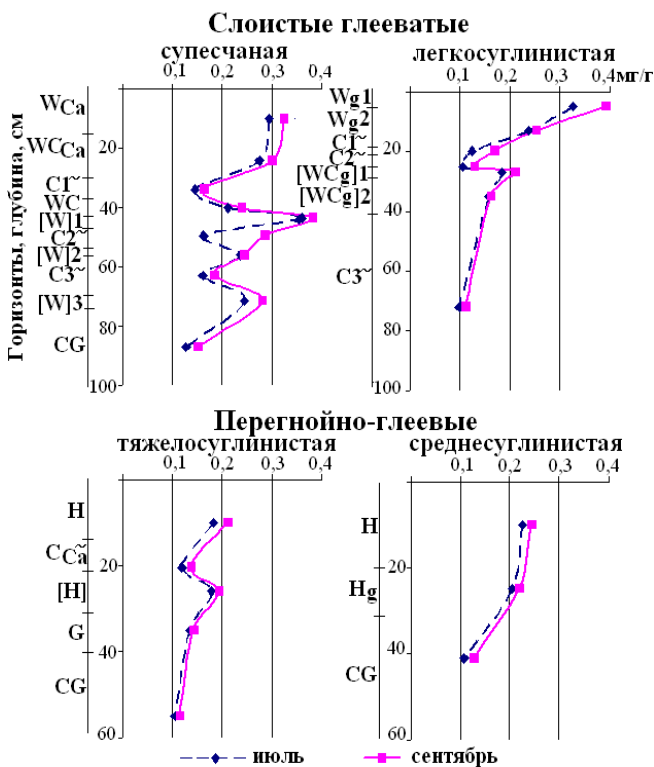
В погребенных слоях длина достигает 150, а в песчаных – 50-70 м/г. Верхний слой 0-8 см Сг лс почвы имеет слабокислую реакцию, поэтому в нем отмечены максимальные значения - 140 м/г. В остальных горизонтах гифы развиваются от 40 до 90 м/г. В перегнойно-глеевых почвах длина мицелия небольшая (50-80 м/г) из-за оглеения и малого содержания биогенных веществ. Кроме того, анаэробные условия этих почв негативно влияют на развитие эукариот, так как последние требовательны к условиям аэрации. Осенью грибной мицелий увеличивается в 1,3-1,5 раза, что связано с отмиранием надземной и части подземной фитомассы и поступлением в почву разных форм углерода и азота.

Относительно много грибных спор (2-2,2 млн/г) содержится летом в верхних и погребенных гумусово-слаборазвитых горизонтах слоистых глееватых почв (рис. 4 б). В песчаных прослоях их численность снижается до 0,5-1 млн/г. В перегнойных слоях количество спор составляет около 1,5 млн, а в песчаных – 0,6-1 млн/г. Осенью их значения увеличиваются в 1,1-1,5 раза в верхней части, а в нижней – остаются примерно одинаковыми.

В Сг сп почве отмечено максимальное общее количество бактерий – 165, а в Сг лс оно достигает 120 млрд/см², что соответствует средней степени обогащенности. В перегнойно-глеевых содержание прокариот не превышает 100 млрд/см², что позволяет отнести их к бедным. Слаборазвитые почвы богаты эукариотами (7800-8000 м/см²), почвы же аллювиального отдела имеют среднюю степень обогащенности (5800-7400 м/см²). Последние менее подвержены резким колебаниям численности бактерий и длины грибного мицелия, что соответствует данным целлюлозолитической активности.

Численность бактерий, спор и длина мицелия грибов имеют высокую степень корреляции с влажностью, температурными показателями, содержанием гумуса и обменных катионов Ca²⁺ и Mg²⁺ (r=0,7-0,9). Актиномицеты в данном случае обнаруживают среднюю зависимость (r=0,6). С рН среды со всеми группами наблюдается обратная коррелятивная связь средней и низкой степени (r=-0,4... -0,5 и -0,26). С остальными физико-химическими свойствами аллювиальных почв (содержанием подвижных форм фосфора, калия и аморфного железа) микроорганизмы коррелируют слабо (r=0,1-0,3).

Профильное распределение биомассы микроорганизмов. В почвах выявлены сравнительно невысокие показатели микробной биомассы (рис. 5), которые изменяются по профилю. Максимальная концентрация (0,4 мг/г) отмечена в сентябре в Сг лс в слое 0-8 см и на глубине 42-45,5 см в Сг сп, где обнаружены оптимальные физико-химические свойства. Эта тенденция наблюдается в других



погребенных горизонтов.

Несмотря на то, что в слое 0-30 см Сг сп почвы содержится достаточное количество запасов питательных веществ, микробной биомассы здесь меньше (0,28 мг/г), так как большой вклад в нее вносит эукариотный комплекс, который из-за накопления карбонатов Са угнетен. В

Рис. 5. Сезонная динамика профильного распределения микробной биомассы

песчаных прослоях Сг сп почвы на 1 г приходится 0,15-0,2 мг микробной массы. В аналогичных горизонтах Сг лс почвы общая биомасса едва достигает 0,1 мг/г. Осенью в верхней части наблюдается ее увеличение, что обусловлено поступлением свежих органических остатков, которые подвергаются деструкции в

первую очередь эукариотным комплексом. В перегнойно-глеевых почвах обнаружены низкие значения биомассы, которые снижаются по профилю от 0,2-0,25 до 0,12 мг/г. Более половины от общей биомассы составляют грибы (мицелий и споры), они преобладают над бактериями и актиномицетами в 6-10 раз (табл. 3).

Таблица 3. Микробная биомасса в почвах дельты р. Селенги (лето/осень), мг/г почвы

Почва	Бактерии	Мицелий грибов	Споры грибов	Актиномицетный мицелий	Общая биомасса
Сг сп	0,29/0,2	1,64/1,86	0,25/0,3	0,035/0,026	2,22/2,39
Сг лс	0,14/0,13	0,9/1,0	0,15/0,17	0,018/0,017	1,21/1,32
ПГ тс	0,09/0,08	0,55/0,59	0,04/0,11	0,008/0,007	0,74/0,79
ПГ сс	0,06/0,05	0,4/0,43	0,07/0,08	0,005/0,004	0,54/0,56

Осенью биомасса прокариотной части снижается, а эукариотной – увеличивается. Такая динамика закономерна, поскольку грибной комплекс осенью начинает трансформацию свежего органического материала, а прокариотный – завершает в весенне-летнее время. Из-за низких количественных значений микробоценоза (длина мицелия, численность клеток) в почвах аллювиального отдела обнаружено в 2-4 раза меньше микробной биомассы по сравнению со слаборазвитыми.

Рассматриваемые почвы, несмотря на разницу в степени

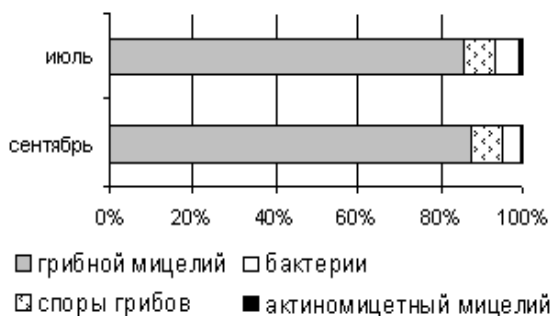


Рис. 6. Структура микробной биомассы почв

микробиологической активности и показателях биомассы, проявляют общность в структуре микробоценоза (рис. 6). Основу составляет эукариотный комплекс, в котором доминирует мицелий (~87%), а

биомасса спор составляет 7-8%. Содержание бактерий достигает 5-6%, актиномицетного мицелия – не превышает в среднем 1%. В сезонной динамике структуры микробоценоза не отмечено существенных изменений. Наблюдается незначительное увеличение эукариотного комплекса и уменьшение прокариотного из-за колебаний численности клеток и длины мицелия.

Наибольшие запасы микробной биомассы отмечены в Сг сп почве – 4,6-4,7 т/га. Далее показатели накопления снижаются в ряду: Сг лс → ПГ тс → ПГ сс, что соответствует значениям (лето/осень): 3,7/4,2 → 3,2/3,3 → 2,8/3,2 т/га сухого вещества. Уменьшение микробной массы в данном ряду связано с почвенно-экологическими условиями функционирования микробоценоза, а повышение от лета к осени – с увеличением эукариотного комплекса. Основные запасы биомассы приходятся на песчаные прослойки и минеральные горизонты ввиду высоких значений их плотности и большой мощности.

В Сг сп почве отмечены максимальные количества биогенных элементов (С, N, P, K и S), заключенных в биомассе микроорганизмов (табл. 4). Их показатели снижаются в том же ряду почв, что запасы микробоценоза: от Сг сп до ПГ сс.

Таблица 4. Резерв биогенных элементов микробной биомассы в слое 0-100 см, кг/га

Элемент	Почва			
	Слоистая глееватая		Перегноино-глеевая	
	сп	лс	тс	сс
С	3607±131	2595±159	1736±116	1558±137
N	662±20	556±35	450±10	421±25
P	142±10	119±8	96±5	90±5
K	47±4	40±3	32±2	30±2
S	47±4	40±3	32±2	30±2

Следовательно, Сг сп почва обладает большим запасом биогенных элементов, необходимых для обновления органического вещества. Содержание С, N, P, K и S, заключенных в микробной биомассе почв аллювиального отдела в 1,5-2 раза ниже из-за меньшего содержания в них микроорганизмов.

В изученных почвах дельты р. Селенги микробная биомасса в 2 раза меньше, по сравнению с аналогичными типами почв Европейской части России, а количественные характеристики микробоценоза (длина мицелия, количество клеток) в 1,5 раза ниже, чем в почвах пойм других рек Восточной Сибири. Это связано с континентальностью климата и более низкими термическими условиями аллювиальных почв Байкальского региона.

Запасы органического углерода в системе «почва-растение». Наибольшее накопление органического углерода в системе «почва-растение» (табл. 5) образуется в настоящих лугах, приуроченных к Сг сп почвам, что объясняется достаточно высокими запасами составляющих компонентов: $C_{гум}$, $C_{ров}$ и $C_{мб}$.

Таблица 5. Запасы углерода гумуса ($C_{гум}$), растительного вещества ($C_{ров}$) и микробной биомассы ($C_{мб}$) в системе «почва-растение», г/м²

$C_{гум}$, 0-50 см	$C_{ров}$			$C_{мб}$	Сорг, накопленное экосистемами	% надземной $C_{ров}$ от общего
	надземная	подземная, 0-50 см	общая			
слоистая супесчаная – настоящий луг (Р. 4)						
14221	234	1117	1351	229	15800	1,5
слоистая легкосуглинистая – луг (Р. 5)						
7072	72	473	546	206	7824	0,9
перегнойно-глеевая тяжелосуглинистая – болотистый луг (Р. 6)						
10378	351	1320	1671	114	12163	2,9
перегнойно-глеевая среднесуглинистая – болотистый луг (Р. 7)						
11433	358	1964	2321	95	13849	2,6

Близкими значениями обладают болотистые луга на перегнойно-глеевых почвах. По уровню биологической продуктивности (см. табл. 2) их фитоценозы являются среднепродуктивными и накапливают максимальные запасы $C_{ров}$. Низкие значения плотности в верхнем слое почв при высоком содержании гумуса объясняют пониженные запасы $C_{гум}$. Меньше всего $C_{орг}$ накапливают луговые фитоценозы на Сг лс почве, что объясняется малой биологической продуктивностью и запасами гумуса.

Большая доля запасов $C_{орг}$ приходится на $C_{гум}$ и составляет от 82% в ПГ сс до 90% - в Сг лс. Вклад $C_{ров}$ изменяется от 7,0-8,6% в

слоистых до 13,7-16,7% – в перегнойно-глеевых почвах. Такое различие связано с уровнем биологической продуктивности и запасами гумуса в 0-50 см слое. $C_{мб}$ в $C_{орг}$ варьирует от 1,2% в почвах аллювиального отдела до 2,6% – в слаборазвитых, что свидетельствует о значительной роли микробоценоза в функционировании экосистем дельты.

Доля $C_{мб}$ в органическом веществе почвы составляет от 0,27% до 0,76% (табл. 6). Максимальные значения соотношения $C_{мб}/C_{орг}$ отмечены в почвах слаборазвитого отдела и достигают 1-2%, в почвах аллювиального отдела – в 2-3 раза ниже. Высокий показатель данного соотношения в слоистых глееватых почвах объясняется тем, что наряду с низким $C_{орг}$, почвы обладают высоким содержанием $C_{мб}$. От лета к осени $C_{мб}/C_{орг}$ снижается, что закономерно связано с повышением значений микробной массы.

Таблица 6
Содержание углерода микробной биомассы в органическом веществе почв дельты

Почва	$C_{мб}/C_{орг}$, %	
	Июль	Сентябрь
Сг сп	0,53	0,5
Сг лс	0,76	0,69
Пг тс	0,38	0,29
Пг сс	0,28	0,27

ВЫВОДЫ

1. В почвенном покрове дельты р. Селенги преобладают аллювиальные слоистые и перегнойно-глеевые почвы, развивающиеся под осоково-злаково-разнотравными и злаково-хвощевыми ассоциациями. Почвы различаются по физико-химическим свойствам, гидротермическому режиму, которые определяют условия для функционирования микробоценоза.

2. Слоистые почвы, характеризующиеся хорошей аэрацией, легким гранулометрическим составом, лучшей прогреваемостью, оптимальной увлажненностью, наиболее обогащены бактериями, и,

особенно, эукариотами. Вклад углерода микробной биомассы в запасы $C_{\text{орг}}$ в системе «почва-растение» и соотношение $C_{\text{мб}}/C_{\text{орг}}$ выше, чем у почв аллювиального отдела, что свидетельствует о большем количестве доступных веществ органического материала для функционирования микроорганизмов.

3. Для перегнойно-глеевых, развивающихся в жестких экологических условиях, характерны относительно низкие количественные показатели, запасы микробной биомассы, и, как следствие, пониженная, но стабильная микробиологическая активность. Биологически активный слой у этих почв значительно меньше по сравнению со слабо развитыми, что связано с физико-химическими свойствами и особенностями гидротермического режима.

4. В изученных почвах дельты р. Селенги распределение микроорганизмов по профилям неравномерное. Максимальное накопление микробной биомассы приурочено к гумусово-слабо развитым, перегнойным горизонтам и их погребенным аналогам, которые характеризуются благоприятными физико-химическими свойствами.

5. Выявлена тесная корреляционная связь между количеством бактерий, спор и длиной мицелия грибов с гидротермическими условиями почв, содержанием гумуса и обменными катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} . Средняя и низкая зависимость отмечена между микроорганизмами и содержанием в почве подвижных форм фосфора, калия и аморфного железа. Актиномицетный мицелий с основными физико-химическими свойствами почв коррелирует от низкой до средней степени.

6. Основные запасы биомассы микроорганизмов сконцентрированы в песчаных прослоях и минеральных горизонтах из-за их высокой плотности и большой мощности. Эукариотная биомасса на порядок выше прокариотной.

7. В структуре микробценоза почв преобладает грибной комплекс. От лета к осени наблюдается увеличение эукариотной и уменьшение прокариотной биомассы.

8. Относительно большие количества элементов (C, N, P, K и S), содержащиеся в микробной биомассе, являются потенциальным резервом для обновления органического вещества аллювиальных почв.

Список основных работ по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК:

Макушкин Э.О. Плодородие аллювиальной лугово-болотной и болотной почв притеррасной поймы левобережья дельты р. Селенги / Э.О. Макушкин, **И.И. Павлова**, В.М. Корсунов // Плодородие. – 2008. – № 6. – С. 28-29.

Макушкин Э.О. Биомасса микробных сообществ различных типов аллювиальных почв верховьев дельты р. Селенги / Э.О. Макушкин, В.М. Корсунов, **И.И. Павлова** // Известия РАН. Серия биологическая. – 2009. – № 1. – С. 100-107.

Статьи и тезисы в других изданиях:

Павлова И.И. Актуальная микробиологическая активность аллювиальных почв низкой поймы дельты р. Селенги (Западное Забайкалье) / **И.И. Павлова**, Э.О. Макушкин // Биологические науки Казахстана. – 2009. – № 3-4. – С. 71-78.

Павлова И.И. О потенциальной микробиологической активности пойменных почв дельты р. Селенги / **И.И. Павлова** // Студент и научно-технический прогресс. – Новосибирск, 2005. – С. 171-172.

Павлова И.И. Сравнительные характеристики актуальной микробиологической активности аллювиальных почв дельты р. Селенги / **И.И. Павлова** // Экология биосистем: проблемы изучения, индикации и прогнозирования. – Астрахань: АГУ, 2007. – Ч.1. – С. 160.

Павлова И.И. Динамика количественных показателей микроорганизмов аллювиальной луговой насыщенной слоистой почвы дельты р. Селенги / **И.И. Павлова**, Э.О. Макушкин // Горные экосистемы и их компоненты. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2007. – Ч.1. – С. 21-25.

Павлова И.И. Характерные особенности лугового почвообразовательного процесса в низинной пойме дельты р. Селенги / **И.И. Павлова**, Э.О. Макушкин // Почвы Сибири: генезис, география, экология и рациональное использование. – Новосибирск: НГУ, 2007. – С. 135-136.

Макушкин Э.О. К вопросу о пространственном распределении и динамике микробиологических параметров аллювиальной луговой насыщенной почвы дельты реки Селенги / Э.О. Макушкин,

И.И. Павлова // Экология и биология почв Юга России. – Ростов-на-Дону: Росиздат, 2007. – С. 155-158.

Павлова И.И. Динамика количественных показателей микроорганизмов аллювиальной болотной перегнойно-глеевой почвы дельты р. Селенги / **И.И. Павлова**, Э.О. Макушкин // V съезд об-ва почвоведов им. В.В. Докучаева. – Ростов-на-Дону: Росиздат, 2008. – С. 122.

Павлова И.И. Потенциальное плодородие аллювиальных почв дельты р. Селенги / **И.И. Павлова**, Э.О. Макушкин // Агрохимические свойства почв и приемы их регулирования. – Новосибирск: СО РАСХН, 2009. – С. 300-304.