



УДК:631.466.1

Микробиологическая и биохимическая характеристика мерзлотных глеевых почв Северного Забайкалья

А. П. Макарова¹, Е. В. Напрасникова²

¹Иркутский государственный университет, Иркутск

²Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

E-mail: nadin_buk@mail.ru

Аннотация. Получены данные о составе, численности и биомассе микроорганизмов мерзлотных глеевых почв Северного Забайкалья. Выявлена высокая степень дифференциации микробиоты по профилю почв. Определён уровень ферментативной активности этих почв. Показана возможность целенаправленного изменения их биогенных свойств.

Ключевые слова: Северное Забайкалье, почва, микроорганизмы, ферментативная активность.

Введение

Почвы Северного Забайкалья, формирующиеся в экстроконтинентальных условиях, представляют собой хрупкие, трудно восстанавливаемые компоненты экосистем. При этом они различаются по генетической принадлежности, физико-химическим свойствам и гидротермическим показателям [6].

Одним из определяющих факторов почвенно-биологических процессов является резкая континентальность климата в регионе [3]. Особенности физико-географических и экологических условий почвообразования – короткий вегетационный период, невысокий уровень энергетического процесса почвообразования, широкое распространение многолетней мерзлоты и реликтовых запасов холода – придают зональным почвам Северного Забайкалья несколько «дистрофичный» облик. Он заключается в слабой дифференциации и укороченности профиля, низком содержании гумуса и элементов-биофилов, слабой сорбционной активности [10; 11].

Специфика исследуемых мерзлотных почв Северного Забайкалья заключается не только в отсутствии оптимальных значений температурного режима, избыточной влажности, невысокой суммарной поверхности и бесструктурности, низком содержании гумуса, но и в наличии глеевых и оглеенных горизонтов, ухудшающих биологические свойства почв и снижающих их плодородие.

Оглеение – биохимический процесс трансформации почвенной массы в анаэробных ус-

ловиях при постоянном или длительном периодическом переувлажнении почвы [12]. Глеевые и оглеенные горизонты образовались в изучаемых зональных гидроморфных почвах Северного Забайкалья в результате постоянного (в торфяно-глеевой почве) или сезонного избыточного увлажнения за счёт подтаивания вечной мерзлоты в вегетационный период (в мерзлотно-таёжной оглеенной, перегнойно-глеевой, дерново-глеевой почвах). Глеевые горизонты имеют сизую окраску, обусловленную соединениями двухвалентного железа, или сизую с охристыми пятнами за счёт железисто-марганцевых конкреций, образуемых железобактериями [4; 5].

Таким образом, в мерзлотных, кислых и слабокислых почвах Северного Забайкалья накапливается избыточное количество железа, что отрицательно влияет на рост и развитие растений, а следовательно, на плодородие этих почв.

Тем не менее, регион с его суровым климатом, широким распространением вечной мерзлоты и процессов оглеения почв рассматривается как территория возможного очагового сельскохозяйственного освоения для производства кормовых и овощных культур.

В этой связи изучение физико-химических, микробиологических и биохимических свойств мерзлотных глеевых почв, характерных для данного региона, представляет актуальный научно-практический интерес и является основной целью настоящей работы.

Материалы и методы

Объектами исследования служили зональные и окультуренные почвы Кодаро-Удоканского региона Северного Забайкалья.

Мерзлотно-таёжная, оглеенная почва. Разрез заложен под ерниковым листовничником; перегнойный горизонт маломощный (8 см), под ним – супесчаный и оглеенный (ниже 40 см), подстилаемый галечником.

Торфяно-глеевая почва. Разрез заложен в понижении под заболоченным осоковым лугом; глеевый горизонт (ниже 40 см) расположен под слоем средне и сильно разложившегося торфа.

Перегнойно-глеевая, целинная почва. Разрез заложен под разнотравным лугом, перегнойный горизонт среднеспособный (18 см), ниже – супесчаный, переходящий в оглеенный.

Перегнойно-глеевая старопашотная почва. Разрез заложен на старопашотном участке, пахотный перегнойный горизонт мощностью 22 см переходит в супесчаный, а ниже – в оглеенный горизонт.

Дерново-глеевая почва (окультуренная). Разрез заложен под участком, засаженным картофелем. Почва сильно изменена (окультуренна), по сравнению с зональной, за счёт агротехнических и агрохимических воздействий.

Описание разрезов проводили, руководствуясь монографией Л. Л. Шишова и соавторов [5], а также учебно-методическим пособием [8]. Образцы почв отбирали общепринятыми методами [4; 8]. Физико-химические свойства почв изучали по стандартным методикам [1; 2; 12]. Общую биологическую активность (по интенсивности разложения клетчатки) определяли общепринятым методом [8; 9].

Из образцов исследуемых почв в чистую культуру выделены штаммы микроорганизмов различных таксономических групп (эубактерии, актиномицеты, микроскопические грибы). Количественный и качественный анализы микробиоты проводили согласно общепринятым методам [15]. Идентификацию микроскопических грибов, эубактерий и актиномицетов осуществляли по распространенным определителям [7; 13; 14]. Ферментативную активность почв изучали согласно методикам, изложенным в руководстве Ф. Х. Хазиева [16].

Результаты и обсуждение

Содержание гумуса в минеральных горизонтах всех почв, за исключением окультуренной, низкое (табл. 1). Величины потери при прокаливании органогенных горизонтов невысокие и указывают на обогащённость их минеральным веществом. Реакция почв кислая и слабокислая, за исключением окультуренной (рН 7,4), т. е. наиболее высокий уровень рН зарегистрирован в последней. Количество обменных оснований находится в соответствии с гранулометрическим составом и наличием органического вещества. В горизонтах, бедных тонкими частицами и гумусом, содержание обменных оснований, как обычно, снижено (табл. 1). Максимальные показатели температуры в летний период наблюдались только в верхних горизонтах старопашотной, перегнойно-глеевой и дерново-глеевой окультуренной почвы (до 16 °С).

Таблица 1

Некоторые физико-химические показатели почв Северного Забайкалья

Горизонт и глубина, см	Фракция, %		Влажность, %		Гумус, %	рН водный	Обменные Ca + Mg, мг-экв.
	<0,01 мм	<0,001 мм	15–18, июль	20–21, июль			
Мерзлотно-таёжная оглеенная почва							
АО 0–3	не определялись				30,0	5,4	36,1
A _{пер.} 3–11	–	–	20	18	29,0	5,7	35,0
B1g 11–25	19	8	28	26	1,0	6,2	10,8
B2g 25–40	17	8	30	32	1,7	6,1	8,5
Торфяно-глеевая почва							
T1 0–13	не определялся		66	36	43,6	5,9	47,2
T2 20–30	–	–	63	72	61,9	6,0	58,2
G 40–50	25	11	42	38	1,7	6,4	6,6
Перегнойно-глеевая почва (целина)							
A _{пер.} 0–18	не определялся		53	44	19,2	6,4	17,0
Bg 18–24	10	6	11	15	0,8	5,8	4,0
Перегнойно-глеевая почва (пашня)							
A _{пах.} 0–18	12	7	22	17	2,5	6,0	10,9
A _{пах.} 18–22	9	5	26	25	0,5	6,1	5,4
Дерново-глеевая почва (огород)							
A _{пах.} 8–12	17	9	29	33	5,5	7,4	17,0

Особенности микробиоценозов почв Северного Забайкалья связаны с их физико-химическими свойствами. Количественная характеристика основных таксономических групп микроорганизмов приведена в табл. 2.

Общая численность хемоорганотрофных бактерий, растущих на мясо-пептонном агаре (МПА), в органоминеральных горизонтах сравнительно невысока, за исключением дерново-глеевой окультуренной почвы. Средним содержанием микроорганизмов характеризуются мерзлотно-таёжная оглеенная, торфяно-глеевая и перегнойно-глеевая почвы.

С глубиной количество микроорганизмов в исследуемых почвах снижается. В торфяно-глеевой почве, например, на глубине 20–30 см количество хемоорганотрофных бактерий уменьшается, но резкого снижения численности бактерий с глубиной в этой наиболее холодной и сильно увлажненной почве не наблюдается. Вероятно, распределение микроорганизмов по профилю определяется здесь не столько температурными условиями, сколько наличием энергетического материала. Перегнойно-глеевая целинная почва характеризуется сравнительно высокой численностью хемоорганотрофных бактерий, но небольшим числом равномерно расположенных по профилю почвы бактерий, усваивающих минеральные источники азота, которые растут на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Коэффициент минерализации органики для этой почвы крайне

низок (0,3). В то же время старопашотная перегнойно-глеевая почва характеризуется более высокими микробиологическими показателями, особенно выделяется горизонт $A_{\text{пах}}$ (0–18 см), в котором обнаружены 33 тыс. КОЕ/г микромицетов-гидролитиков и 6,8 млн КОЕ/г хемоорганотрофных бактерий. Это свидетельствует об активных биологических процессах в ранее окультуренной почве.

Большинство исследованных почв обогащены актиномицетами, доля которых в органических горизонтах может достигать 30–40 % от общей численности прокариот. Такое содержание актиномицетов можно считать высоким, особенно если учитывать, что изученные почвы влажные. Считается, что актиномицеты активно развиваются на более поздних стадиях разложения органических остатков ввиду их способности усваивать соединения, малодоступные большинству неспорообразующих бактерий. Благоприятные условия для их размножения связываются и с быстрой сменой микробных ассоциаций, разлагающих органическое вещество. Максимум микроорганизмов приходится, как обычно, на подстилку, где количество их по сравнению с органоминеральными горизонтами выше (см. табл. 2). С глубиной количество микроорганизмов в зональных мерзлотных почвах снижается. Такая дифференциация по профилю характерна для микрофлоры почв холодных областей.

Таблица 2

Численность основных групп микроорганизмов на стандартных питательных средах (тыс. колониеобразующих единиц (КОЕ)/г почвы)

Горизонт и глубина, см	Эубактерии		Коэффициент минерализации	Актиномицеты	Микромицеты
	Хемоорганотрофные	Усваивающие минеральные источники азота			
Мерзлотно-таёжная оглеенная почва					
A_0 0–3	10320	8250	0,8	880	16
$A_{\text{пер}}$ 3–11	2540	6820	2,6	990	26
$B1g$ 11–25	2970	5500	1,8	770	2
Торфяно-глеевая почва					
$T1$ 0–12	4500	5460	1,2	360	Ед.
$T2$ 20–30	3050	3600	1,2	240	9
G 40–50	2650	1920	1,2	ед.	18
Перегнойно-глеевая почва, целина					
$A_{\text{пер}}$ 0–7	5500	1540	0,3	570	5
Bg 18–22	3000	1000	0,3	ед.	4
Перегнойно-глеевая старопашотная почва					
$A_{\text{пах}}$ 0–18	6800	7500	1,1	600	33
$A_{\text{пах}}$ 18–22	4100	4400	1,1	100	4
Дерново-глеевая окультуренная почва					
$A_{\text{пах}}$ 8–12	9000	16800	1,8	20	3

В перегнойно-глеевой старопашотной, а также в дерново-глеевой окультуренной почвах количество микроорганизмов в органогенных пахотных горизонтах максимальное. Эти почвы хорошо гумусированы, обеспечены влагой и относительно теплые (16–20 °С).

При этом дерново-глеевая окультуренная почва отличается от других большей обогащённостью зубактериальной микрофлорой, но низким содержанием актиномицетов и микроскопических грибов. Для условий Северного Забайкалья эта почва довольно плодородна. Она постоянно удобряется, в ней поддерживается более или менее оптимальное увлажнение, возделывается гребневым способом посадки картофеля. Урожай картофеля составляет около 200 ц/га.

Таким образом, исследование количественного состава микробных комплексов мерзлотных оглеенных и глеевых зональных почв Северного Забайкалья свидетельствует о том, что ведущим фактором, определяющим численность сапротрофных микроорганизмов, является температурный, так как наличие органического вещества в торфяно-глеевой почве, например, не оказало влияния на численность гетеротрофных бактерий. При этом процесс оглеения не оказывал существенного воздействия на численность микроорганизмов. Установлено также, что окультуривание мерзлотных глеевых почв повышает их микробиологические показатели в результате оптимизации теплового, водного, питательного режимов и делает пригодными для сельскохозяйственной деятельности.

На основе прямого метода микроскопирования почвенной суспензии можно составить более полное представление о численности и биомассе бактериального и грибного населения почв.

Учёт численности и расчёты биомассы микроорганизмов проведён в трёх горизонтах (A_0 , $A_{пер.}$, B_{1y}) мерзлотно-таёжной оглеенной почвы. Длина мицелия уменьшается с 3 750 м/г в подстилке до 2 400 м/г в оглеенном горизонте. Численность бактерий максимальна в перегнойном горизонте, где она составляет 2,7 млрд/г, а минимальна в подстилке (1,3 млрд/г). Общая биомасса бактерий и грибов уменьшается соответственно с 13 до 9 мг/г.

В дополнение к проведённым исследованиям нами с использованием метода капиллярной микроскопии, который считается экологически информативным [4], изучены особенности микробных обрастаний в почвах Северного Забайкалья. Выявлено, что основной особенностью микробных пейзажей является обилие микроскопических грибов, разнообразие мор-

фотипов бактерий (рис. 1; 2). Кроме активно метаболизирующих бактерий, среди них много капсульных форм, часто встречаются споры. Плотность обрастания можно отнести к средней. Общий характер микробных обрастаний соответствует свойствам изученных почв.

В таксономическом составе прокариотных сообществ почв Северного Забайкалья доминируют в основном аспорогенные и споровые бактерии, реже – кокковидные формы и стрептомицеты различных серий, имеющих споросцы со спорами различной формы.

Штаммы стрептомицетов дифференцируются по сериям *Aureus*, *Chrisomallus*, *Chromogenes*, *Fuscus*, *Fradiae*, *Lavendulae-roseus*, *Coeruleus*, *Helvolus*, *Albus*, *Albocol-oratus*, *Achromogenes*.

Микромицеты почв Северного Забайкалья представлены в основном родами *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Verticillium*, *Mucor*, *Spicaria*. Численность их, выявленная методом посева на среду сусло-агар (СА) в верхних органогенных горизонтах, колебалась от 5,0 до 33 тыс. КОЕ/г в зависимости от типа почвы (см. табл. 2).

Кроме количественных и качественных характеристик микробиоценозов в работе использованы высокоинформативные показатели существующих методов определения суммарной активности некоторых биохимических процессов.

Биохимическую активность почв оценивали по пероксидазной, протеазной, инвертазной и суммарной протеолитической активности, а также по интенсивности разложения клетчатки и накоплению нингидринположительных веществ.

В рассматриваемых нами почвах, несмотря на разнообразие их гидротермических и физико-химических показателей и генезиса, показателя активности пероксидазы оказались близкими и невысокими (табл. 3).

Сходство показателей ферментативной активности можно объяснить уравновешивающим влиянием экстремальных значений экофакторов в разных почвах. В то же время стабильно высокие показатели активности инвертазы, как свидетельство биохимической активности, отмечаются в окультуренной дерново-глеевой почве. Эта почва характеризуется также наибольшей интенсивностью разложения клетчатки и наивысшей суммарной протеолитической активностью. Учитывая высокие показатели численности микроорганизмов, можно считать, что она обладает самыми благоприятными среди рассмотренных мерзлотных глеевых почв потенциальными биогенными свойствами.

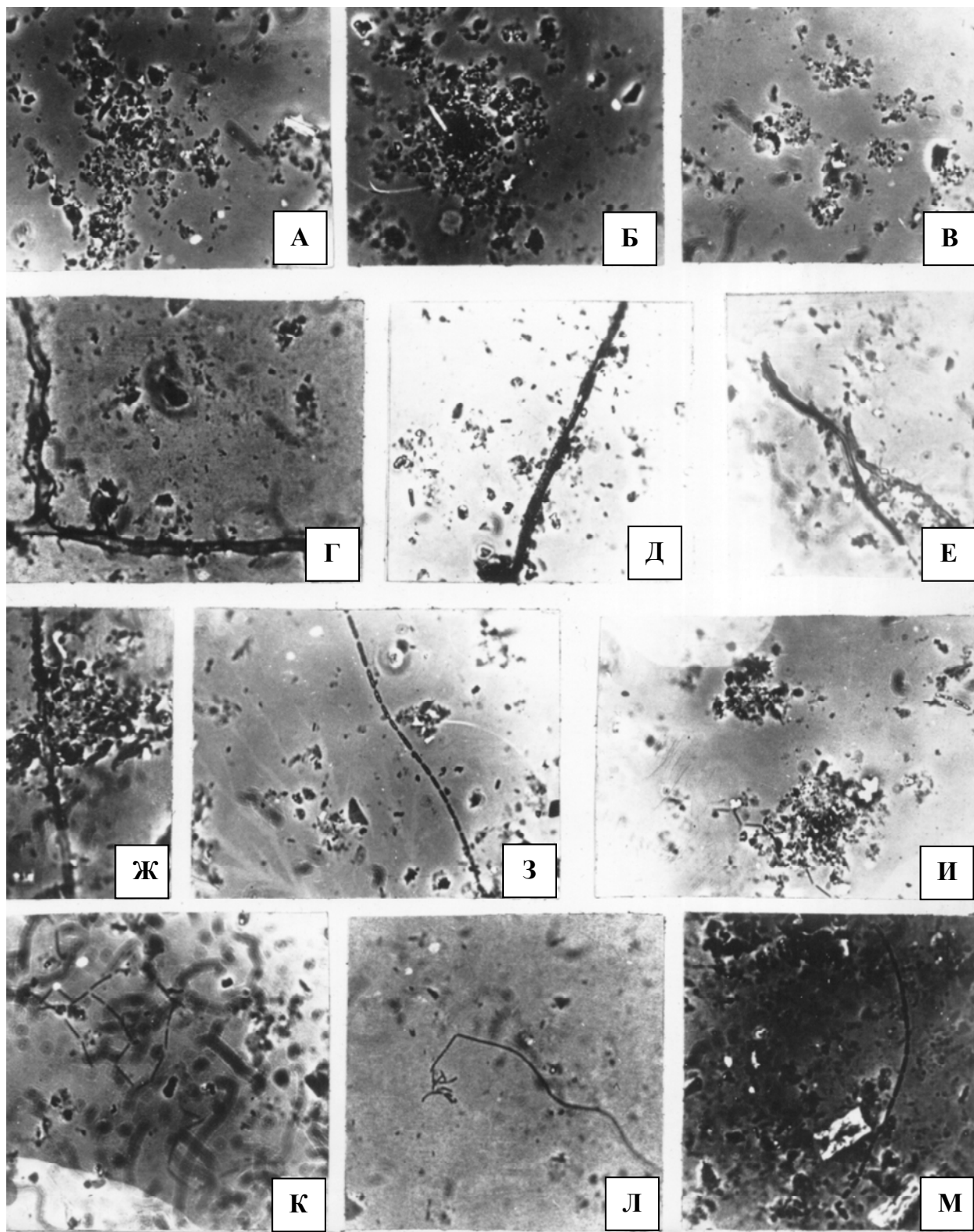


Рис. 1. Микробные пейзажи в мерзлотно-таёжной оглеенной почве Северного Забайкалья (60×7×1,6): А – колонии кокков и палочек; Б, В – колонии кокков; Г – стерильный мицелий гриба; Д, Е, Ж – гифы грибов и отдельные клетки бактерий; З, И – бациллы; К, Л, М – палочковидные клетки бактерий

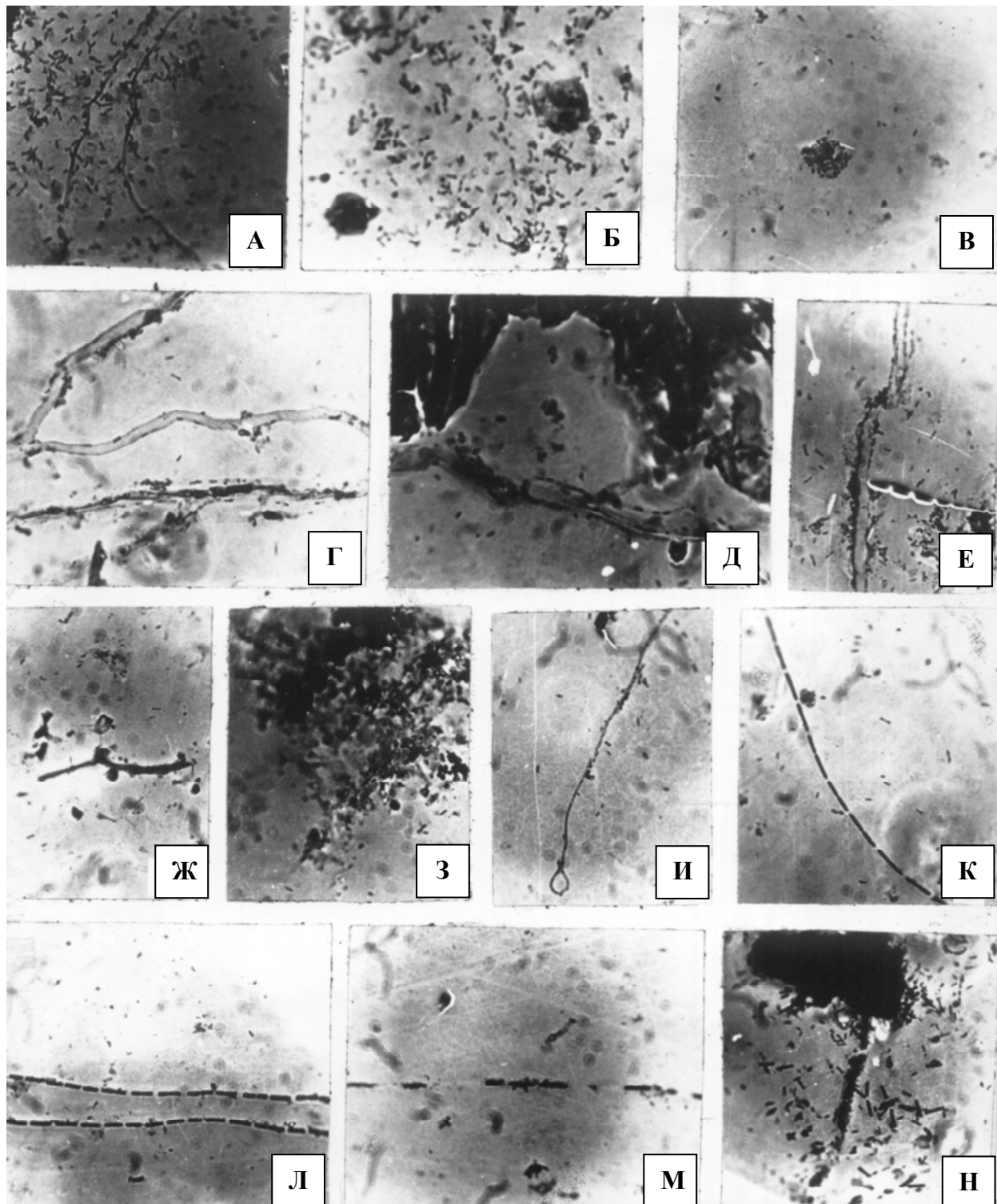


Рис. 2. Микробные пейзажи в перегнойно-глеевой почве Северного Забайкалья (60×7×1,6). А, Б – палочковидные клетки бактерий; В – колонии кокков; Г – вегетативный мицелий гриба; Д, Е – лизис грибов; Ж, З – споры грибов; И – актиномицеты; К, Л, М, Н – спорообразующие бактерии

Ферментативная активность почв

Горизонт, глубина, см	Пероксидаза, мл 0,01 n I ₂	Протеаза, желатинолитические единицы	Инвертаза, мг глюкозы	Интенсивность разложения клетчатки (убыль веса льняной ткани, %)	Протеолитическая активность, %	Нингидринположительные вещества, мкг лейцина на 1 г ткани
Мерзлотно-таёжная почва						
A _{пер.} 3–11	25	80	10	0	47	80
B1g 11–25	20	36	10	–	–	70
B2g 25–40	18	33	12	–	–	–
Торфяно-глеевая почва						
T2 20–30	–	43	67	0	1	80
G 40–50	34	38	53	–	–	–
Перегнойно-глеевая почва (целина)						
A _{пер.} 0–7	16	–	60	–	–	–
Bg 18–22	37	–	57	–	–	–
Перегнойно-глеевая почва (пашня)						
A _{пах.} 0–18	34	–	72	–	–	–
A 18–22	28	–	48	–	–	–
Дерново-глеевая почва (огород)						
A 8–12	42	120	89	62	83	152

Заключение

В результате проведённых исследований выявлены определённые различия в изменении численности микробиоты по профилям мерзлотных глеевых почв Северного Забайкалья. Отличительной особенностью является стабильно высокое количество микроорганизмов в разных глубинных глеевых горизонтах криоаридных почв. Численность актиномицетов в увлажнённых мерзлотных почвах и их биоразнообразии достаточно высокое, что в целом нехарактерно для данных типов почв. Численность эубактерий, усваивающих минеральные источники азота, также достаточно высока. Эколого-микробиологической особенностью исследованных почв является разнообразие морфотипов бактерий и обилие микроскопических грибов во фрагментах микробных пейзажей. В целом микробиологические и биохимические показатели характеризуют интенсивность мобилизационных микробиологических процессов и степень биологической активности исследованных почв. При этом наибольшей численностью микробиоты и высоким коэффициентом минерализации органики, косвенно характеризующим плодородие почв, обладает окультуренная дерново-глеевая почва огорода. Это подтверждает возможность целенаправленной трансформации и повышения активности микробного населения мерзлотных глеевых почв Северного Забайкалья путём оптимизации теплового и водного питательного

режимов почв, обуславливающих их пригодность для сельскохозяйственного освоения.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв : руководство / под ред. А. В. Соколова. – М. : Наука, 1975. – 656 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв : учеб пособие / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд. МГУ, 1970. – 487 с.
3. Жуков В. М. Климат / В. М. Жуков // Прибайкалье, Забайкалье. – М. : Наука, 1965. – С. 91–129.
4. Звягинцев Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд. МГУ, 2005. – 445 с.
5. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.] / отв. ред. Г. В. Добровольский. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 324 с.
6. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья / В. А. Кузьмин. – Новосибирск : Наука, 1988. – 175 с.
7. Литвинов М. А. Определитель микроскопических грибов / М. А. Литвинов. – Л. : Наука, 1967. – 303 с.
8. Макарова А. П. Микробиоценозы природных и антропогенно-изменённых почв Верхнего Приангарья и полевые методы их исследования : учеб.-метод. пособие / А. П. Макарова, А. А. Козлова, Н. Е. Буковская. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 82 с.
9. Мильхеев Е. Ю. Биологическая активность почв дельты р. Селенги / Е. Ю. Мильхеев, Ц. Д.-Д. Корсунова // Материалы II междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию кафедр почво-

ведения Иркут. гос. ун-та. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2006. – С. 376.

10. Нимаева С. Ш. Микробиология криоаридных почв (на примере Забайкалья) / С. Ш. Нимаева. – Новосибирск : Наука, СО АН, 1992. – 176 с.

11. Ногина Н. А. Почвы / Н. А. Ногина // Прибайкалье и Забайкалье. – М. : Наука, 1965. – С. 184–224.

12. Общее почвоведение / В. Г. Мамонтов [и др.]. – М. : Колос, 2006. – 456 с.

13. Определитель актиномицетов / Г. Ф. Гаузе [и др.]. – М. : Наука, 1983. – 245 с.

14. Определитель бактерий Берджи : в 2 т. / под ред. Дж. Хоулта [и др.]. – М. : Мир, 1997. – 800 с.

15. Практикум по микробиологии / под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Академия, 2005. – С. 31–142.

16. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв / Ф. Х. Хазиев. – М. : Наука, 1976. – 180 с.

Microbiological and biochemical characteristics of gley cryogenic soils of Northern Transbaikalia

A. P. Makarova¹, E. V. Naprasnikova²

¹Irkutsk State University, Irkutsk

²Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

Abstract. Data on composition, number and biomass of microorganisms in gley cryogenic soils of Northern Transbaikalia are obtained. The study revealed high differentiation of microbiota within the soil profile. The level of fermentation activity of the soils under investigation is identified. A possibility of a purposeful change of their biogenetic properties is shown.

Keywords: Northern Transbaikalia, gley cryogenic soils, microorganisms, fermentation activity.

*Макарова Альвина Павловна
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 5
кандидат биологических наук, доцент
тел. (3952) 24–18–55
E-mail: nadin_buk@mail.ru*

*Makarova Alvina Pavlovna
Irkutsk State University
5, Sukhe-Batora St., Irkutsk, 664003
Ph. D. in Biology, ass. prof.
phone: (3952) 24–18–55
E-mail: nadin_buk@mail.ru*

*Напрасникова Елизавета Викторовна
Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
тел. (факс) (3952) 42–54–05
E-mail: yelena@lin.irk.ru*

*Naprasnikova Elizaveta Viktorovna
Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033
Ph. D. in Biology,
senior research scientist
phone (fax): (3952) 42–54–05
E-mail: yelena@lin.irk.ru*