



УДК 631.46

## Микробиота и биологическая активность почв Окинской котловины (Восточный Саян)

А. П. Макарова<sup>1</sup>, Е. В. Напрасникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск,

<sup>2</sup> Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

E-mail: [nadin\\_buk@mail.ru](mailto:nadin_buk@mail.ru)

**Аннотация.** Представлены результаты экологического изучения основных почв Окинской котловины (Восточный Саян). Реакция среды проанализированных почв колеблется от слабокислой до щелочной (рН 5,8–7,8). Впервые рассмотрены особенности современного состояния микробиоценозов и биологической активности почв, степень которой невысокая. Максимальные количественные показатели характерны для микробиоты торфяно-подбуров. Выявлена значительная энзиматическая (амилолитическая и каталазная) активность бактерий, выделенных на стандартных питательных средах. На исследуемой территории обнаружены представители редко встречающегося вида микромицетов *Trichothecium roseum*. На территории золотодобывающего предприятия впервые в Восточной Сибири выявлен вид *Penicillium ochro-chloron*.

**Ключевые слова:** Окинская котловина, почвы, микроорганизмы, биологическая активность.

### Введение

Почвы Окинской котловины, находящейся в центральной части нагорья Восточного Саяна, до сих пор остаются неизученными в эколого-биохимическом и микробиологическом отношении. Почвы и ассоциированные с ними растительные сообщества на основной части территории котловины до сих пор имеют высокую степень ненарушенности, однако ряд участков подвергаются выраженному и всё возрастающему разнообразному антропогенному воздействию на природную среду: от разработок минерального сырья до бурно развивающегося туризма.

Цель настоящей работы заключалась в изучении особенностей микробиоты и биологической активности основных типов почв Окинской котловины.

### Материалы и методы

Согласно почвенно-географическому районированию исследуемая территория относится к горно-таёжной зоне с проявлением вертикальной зональности. Окинская котловина расположена на северо-западе Окинского или Центрального (по С. В. Обручеву [1]) плоскогорья. Она имеет почти широтное простирание и охватывает долины рек Оки, Жомболока и Улзыты (Илеза). Почвы района являются в основном аллювиально-торфяно-глеевыми, торфяно-

подбурами, реже подбурами. Растительный покров представлен разнотравно-злаковыми и разнотравно-осоковыми лугами, иногда с ивой и берёзой. На подбурах распространён листовенничник зеленомошный [2].

Отбор почвенных образцов для анализов осуществлялся на ключевых площадках с органогенных горизонтов согласно общепринятой методике [3]. При идентификации доминирующих сапрофитных эубактерий, выросших на стандартных питательных средах, а также актиномицетов и микроскопических грибов использовали определители по соответствующим группам [4–6]. Уровень биологической активности почв (БАП) определён экспресс-методом Т. В. Аристовской и М. В. Чугуновой [7], сущность которого состоит в регистрации скорости (в часах) изменения рН под влиянием аммиака, выделяемого при разложении карбамида. Использование метода облегчает задачу оценки современного процесса трансформации соединений азота в естественных и антропогенно-изменённых почвах. Щёлочно-кислотные условия регистрировались потенциометрическим методом. Химические анализы почв проводились в лицензированном химико-аналитическом центре Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН.

### **Результаты и обсуждение**

Исследованные почвы характеризуются слабокислой, нейтральной и реже щелочной реакцией среды (табл. 1). Диапазон содержания гумуса в верхних горизонтах почв от 6 до 12 %. Химические свойства почв отразились на количественных показателях микробиоты. Так, наибольшая численность эубактерий-аммонификаторов (0,6 млн КОЕ/г) обнаружена в торфяно-подбурах с нейтральной рН, где подстилающая порода – суглинок. В аллювиальных торфяно-глеевых кислых почвах количество эубактерий данной эколого-трофической группы значительно меньше (0,14–0,20 млн КОЕ/г). Численность эубактерий, усваивающих минеральные источники азота, также была наибольшей в торфяно-подбурах (табл. 2). Титр эубактерий-денитрификаторов в данных почвах составил 0,0001. Столь высокое содержание бактерий, усваивающих минеральные источники азота, успешно обеспечивает баланс азота в почве данного типа. Об этом свидетельствует и характер мощного растительного покрова в виде листовенничника разнотравно-зеленомошного (см. табл.1).

Характеризующая степень минерализации органических веществ численность актиномицетов достигает максимальных значений (600 тыс. КОЕ/г) также в торфяно-подбурах с нейтральным значением рН.

Микроскопические грибы – основные деструкторы разнообразных органических веществ, в наибольшем количестве обнаружены в аллювиальных торфянисто-глеевых почвах (до 10 тыс. КОЕ/г). Условия для названной эколого-трофической группы в этой почве вполне благоприятные (высокая влажность и невысокая рН среды). Грибное население представлено следующими доминирующими видами: *Cladosporium herbarum*, *Fusarium* ssp., *Penicillium* ssp., *Aspergillus* ssp. В торфяно-подбурах доминирующие микромикеты более разнообразны: *Fusarium moniliforme*, *Penicillium notatum*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* ssp. и крайне редко встречающийся в нашем регионе *Trichothecium roseum*.

Таблица 1

Характеристики почв на ключевых площадках Окинской котловины

№ ключевой площадки	Тип растительности	Тип почвы	Физико-химические показатели	
			pH	содержание органического вещества, %
1	Разнотравно-злаковый луг	Аллювиальная темногумусовая	7,8	6,3
2	Разнотравно-осоковый луг с ивой и лиственницей единично	Аллювиальная торфяно-глеевая	6,1	12,73
3	Лиственничник разнотравно-зеленомошный	Торфяно-подбуры	7,2	10,20
4	Лиственничник разнотравный с осокой и берёзой единично	Торфяно-подбуры	5,8	11,0
5	Влажный разнотравно-осоковый луг с ивой и карликовой берёзой	Аллювиальная торфяно-глеевая	5,8	9,0
6	Осоковый луг с ивой	Аллювиальная торфянисто-глеевая	7,04	10,0
7	Разнотравно-осоковый луг с ивой	Аллювиальная гумусовая	6,8	Нет данных
8	Лиственничник с карликовой берёзой зеленомошный	Подбуры	4,6	11,2

На территории золотодобывающего предприятия в аллювиальной тёмногумусовой почве доминировали микромицеты *P. ochro-chloron*, *C. herbarum*, *Rizopus* ssp., *Trichoderma viride*. В подбуре (pH = 5,1) в сухой каменистой почве здесь доминировали два вида микроскопических грибов: *P. ochro-chloron* и *Paecilomyces* ssp. Следует особо подчеркнуть, что редкий *P. ochro-chloron* впервые выявлен нами только в почвенном покрове на территории золотодобывающих рудников.

Разнообразие актиномицетов невысокое во всех исследованных почвах. Доминировали представители белых и серых цветовых линий секций *Albus* и *Cinereus* рода *Streptomyces*. Секция *Albus* представлена сериями *Albus* и *Albocoloratus*, а секция *Cinereus* – серией *Aureus*.

Эубактерии – это грамм-положительные спорообразующие палочковидные морфотипы видов *Bacillus mycoides*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. brevis*, *B. idosus*, *B. subtilis*, *B. agglomerathus*, доминирующие в исследуемых почвах. Неспорообразующие кокковидные формы представлены главным образом родом *Micrococcus*. При этом в торфяно-подбуре обнаружены пигментированные микрококки *Micrococcus roseus* и *M. varians*. Неспорообразующие грам-отрицательные палочковидные эубактерии представлены в основном псевдомонадами – *Pseudomonas herbicola*, *Ps. fluorescens*, *Ps. au-*

*rantiaca*, которые широко распространены в почвах Восточной Сибири [8]. Бактерии, изолированные из исследуемых почв, обладали амилалитической и каталазной активностью (см. табл. 2.), кроме образцов из подбур с низкой рН. В этой почве более 50 % КОЕ не проявили амилалитической способности, что обусловлено её химическими свойствами.

Таблица 2

## Характеристики микробиоты почв Окинской котловины

№ ключевой площадки	Тип почвы	Численность					Проявление ферментативной активности бактерий	
		Эубактерии, млн КОЕ/г		Денитрификаторы, титр	Актиномицеты, тыс. КОЕ/г	Микромицеты, тыс. КОЕ/г	амилолитическая	каталазная
		аммонификаторы	усваивающие минерал. источники азота					
1	Аллювиальная темногумусовая	0,22	0,98	0,01	10	0,4	+	+
2	Аллювиальная торфяно-глеевая	0,20	0,05	0,00001	30,0	0,6	+	+
3	Торфяно-подбуры	0,60	2,40	0,0001	600,0	6,0	+	+
4	Торфяно-подбуры	0,20	0,30	0,1	16,0	1,2	+	+
5	Аллювиальная торфяно-глеевая	0,14	0,20	0,00001	12,0	7,0	+	+
6	Аллювиальная торфянисто-глеевая	0,18	1,10	0,00001	11,0	10,4	+	+
8	Подбуры	0,10	0,50	0,01	20,0	0,4	+	+

Примечание: \* – все колонии проявили данную активность.

Известно, что степень биологической активности почв является интегральным показателем, в первую очередь – индикатором современного режима почвы, так как уровень ферментов в ней изменяется адекватно изменениям экологических условий, в то время как физические и химические свойства заложены в её «памяти». Результаты определения степени биологической активности почв (БАП) представлены на рисунке. Они позволили выявить среднюю (значения скорости реакции от 6 до 9 ч) и низкую (от 9 до 13,5 ч) биологическую активность почв. Данные процессы протекают на фоне достаточно неоднородных показателей щелочно-кислотных условий, в определённой мере влияющих на уровень биологической активности почв. Значения рН почв в большинстве варьируют в интервале от кислых (4,6) до щелочных (7,8).

Следует отметить, что подбур на ключевой площадке 7, в отличие от других не пронизанный корнями растений, проявил самую низкую активность (показатель рН 4,6). Сравнительно высокий уровень активности в реальном времени обнаружил торфяно-подбур (рН 7,2). Однако в целом связь биологической активности почв и щелочно-кислотных условий не получила статистически существенного подтверждения.

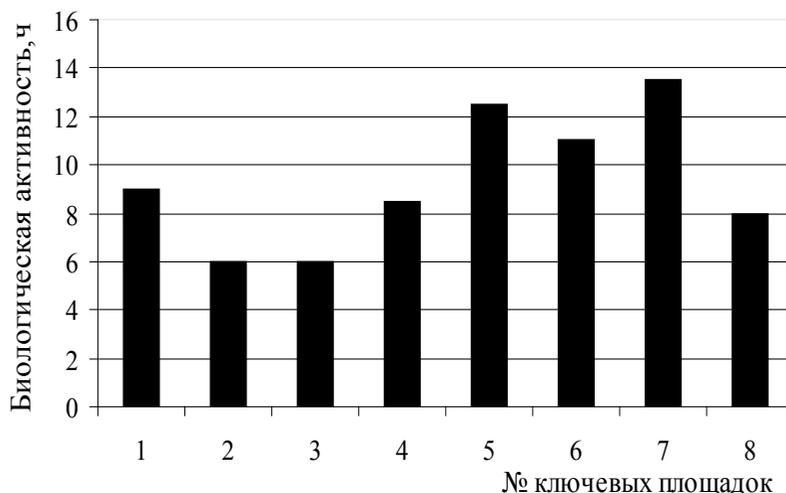


Рис. Уровень биологической активности основных почв Окинского района. Характеристики ключевых площадок и почв указаны в табл. 1

### Заключение

Результаты изучения основных почв Окинской котловины выявили, что наивысшими количественно-качественными показателями обладает микробиота торфяно-подбура с нейтральным значением pH. В этой почве среди доминирующих видов микромицетов обнаружены представители редко встречающегося в Восточной Сибири вида микромицетов *Trichothecium roseum*. В почвенном покрове на территории золотодобывающего предприятия вне зависимости от типа почвы впервые выявлен вид *Penicillium ochro-chloron*.

Результаты определения биологической активности почв позволяют отнести их к группе среднеактивных, что согласуется с количественно-качественными характеристиками микробиоты и экологическими условиями среды. Это показатель, характеризующий резерв их экологических возможностей, которые могут быть реализованы в зависимости от характера внешних воздействий.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 14-00183. Авторы благодарны И. А. Белозерцевой за любезно предоставленные образцы почв и их описание.

### Список литературы

1. Обручев С. В. Орография и геоморфология восточной половины Восточного Саяна / С. В. Обручев // Изв. ВГО. – 1946. – № 5–6. – С. 479–498.
2. Белозерцева И. А. Почвы Окинской котловины и их использование / И. А. Белозерцева, А. А. Черкашина // Междунар. журн. прикл. и фундам. исслед. – 2013. – № 11–2. – С. 40–43.
3. ГОСТ 17.4.02.-84. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – С. 4.

4. Определитель бактерий Бердже : пер. с англ. / под ред. Дж. Хоулта. – М. : Мир, 1997. – Т. 1. – 303 с.
5. Гаузе Г. Ф. Определитель актиномицетов / Г. Ф. Гаузе, Т. П. Преображенская, Т. С. Максимова. – М. : Наука, 1983. – 245 с.
6. Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов / М. А. Литвинов. – Л. : Наука, 1967. – 303 с.
7. Аристовская Т. В. Экспресс-метод определения биологической активности почв / Т. В. Аристовская, М. В. Чугунова // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.
8. Макарова А. П. Эколого-микробиологические особенности и биологическая активность почв Южного Предбайкалья, находящихся под влиянием рекреационной нагрузки / А. П. Макарова, Е. В. Напрасникова // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2015. – Т. 13. – С. 9–15.

## Microbiota and Biological Activity of Soils in the Okinskaya Depression (Eastern Sayan Ridge, Siberia)

A. P. Makarova<sup>1</sup>, E. V. Naprasnikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Irkutsk State University, Irkutsk*

<sup>2</sup> *Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk*

**Abstract.** Results from an ecological study of the main soils in the Okinskaya depression (Eastern Sayan Ridge) are presented. The soil pH varies from weakly acidic to alkaline (pH 5,8–7,8). This paper considers for the first time the characteristics of the present state of microbiocenoses and soil biological activity whose degree is not high. The maximum values for quantitative indicators are established for the microbiota of peat podburs. The study revealed a significant enzymatic (amilolithic and catalase) activity of bacteria isolated on standard nutritive media. The presence of the rarely occurring in the territory micromycete species (*Trichothecium roseum*) is revealed. *Penicillium ochro-chloron* was identified on the territory of a gold mining enterprise for the first time in East Siberia.

**Keywords:** Okinskaya depression, soils, microorganisms, biological activity.

*Макарова Альвина Павловна*  
кандидат биологических наук, доцент  
Иркутский государственный университет  
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1  
тел.: (3952) 24–18–70  
e-mail: nadin\_buk@mail.ru

*Makarova Al'vina Pavlovna*  
Candidate of Sciences (Biology),  
Associate Professor  
Irkutsk State University  
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003  
tel.: (3952) 24–18–70  
e-mail: nadin\_buk@mail.ru

*Напрасникова Елизавета Викторовна*  
кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник  
Институт географии им. В. Б. Сочавы  
СО РАН  
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1  
тел.: (3952) 42–27–17  
e-mail: napev@irigs.irk.ru

*Naprasnikova Elizaveta Viktorovna*  
Candidate of Sciences (Biology),  
Senior Research Scientist  
V. B. Sochava Institute of Geography  
SB RAS  
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033  
tel.: (3952) 42–27–17  
e-mail: napev@irigs.irk.ru