

УДК 631.461:631.459.2

ПОЧВЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ЗОНЕ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО ГОРСТА

Иванова Т.И., Кузьмина Н.П., Чевычелов А.П.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, e-mail: salomaxa8@mail.ru

Установлены специфические особенности микробного населения почв мерзлотных горно-таежных техногенных ландшафтов Эльконского ураново-рудного района на территории Южной Якутии. Такие как высокая численность эколого-трофических групп микроорганизмов ($2,0 \cdot 10^3$ – $7,6 \cdot 10^7$ кл/г), сопоставимая с плотностью микробов в лугово-степных почвах Центральной Якутии и особый характер распределения их по профилю почв в зависимости от содержания в них урана. В почве радиоактивно-загрязненного разреза с уменьшением содержания урана до 161 мг/кг наблюдается увеличение численности всех исследованных групп микроорганизмов. В остальных образцах данного разреза с увеличением содержания урана в почве наблюдается исчезновение или спад численности микроорганизмов на 1–2 порядка. В отличие от загрязненного разреза в почве нативного ландшафта численность микроорганизмов остается достаточно высокой по всему почвенному профилю.

Ключевые слова: микробное население почв, горно-таежные техногенные ландшафты, урановые месторождения

THE SOIL MICROORGANISMS IN THE ZONE OF URANIUM DEPOSITS

Ivanova T.I., Kuzmina N.P., Chevychelov A.P.

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: salomaxa8@mail.ru

Specific features of microbial colonies in frozen mountain-taiga technogenic landscapes of the Elkon Mountains over the South Yakutia territory have been determined. Among them there is high number of ecological-trophic groups of microorganisms ($2,0 \cdot 10^3$ – $7,6 \cdot 10^7$ c/g) comparable with microbe density in meadow-steppe soils of Central Yakutia and a specific pattern of their distribution within the soil profile depending on uranium content. In soils of a radioactive-contaminated section together with decreasing of uranium content up to 161 mg/kg there is increase of number of all investigated groups of microorganisms. The other samples of this section show the trend of uranium content increase in the soil causing disappearance or decline of number of organisms by 1–2 orders. Unlike contaminated section the number of microorganisms in the "clean" section remains relatively high over the whole soil profile. Correlation estimate of the number of main ecological-trophic groups of microorganisms taking into account the factors such as uranium content, temperature and soil moisture evidence that in radioactive-contaminated alluvial soil it had strong negative relation ($r = -0,6$) containing uranium while in «clean» soil a rigid dependence between the number of microorganisms and temperature condition of soil ($r = \pm 1$) is observed.

Keywords: soil microbial population, mountain taiga technological landscapes, uranium deposits

По данным Госатомнадзора Дальневосточного округа РФ в зоне урановых месторождений Южной Якутии на территории Эльконского горста в процессе детальной геологической разведки было извлечено из недр и складировано в отвалы более 1 млн. т горнорудной массы. Общее количество урана, содержащегося в данной рудной массе, составляет около 2000 т [1].

Цель исследования: изучение численности и распределения основных групп микроорганизмов по профилю мерзлотных почв на территории Эльконского горста, и выявление корреляции между различными параметрами, характеризующими состояние микробного комплекса.

Материалы и методы исследований

Нами исследованы два разреза аллювиальных почв, один (р. 2Г-06) на низкой пойме ручья Пропадающего, дренирующего радиоактивные отвалы участка Курунг 1, на расстоянии 500 м от начала отвалов, а второй разрез (р. 6ЭГ-03) был заложен на высокой пойме среднего течения р. Курунг, в 8 км от участка Курунг 1.

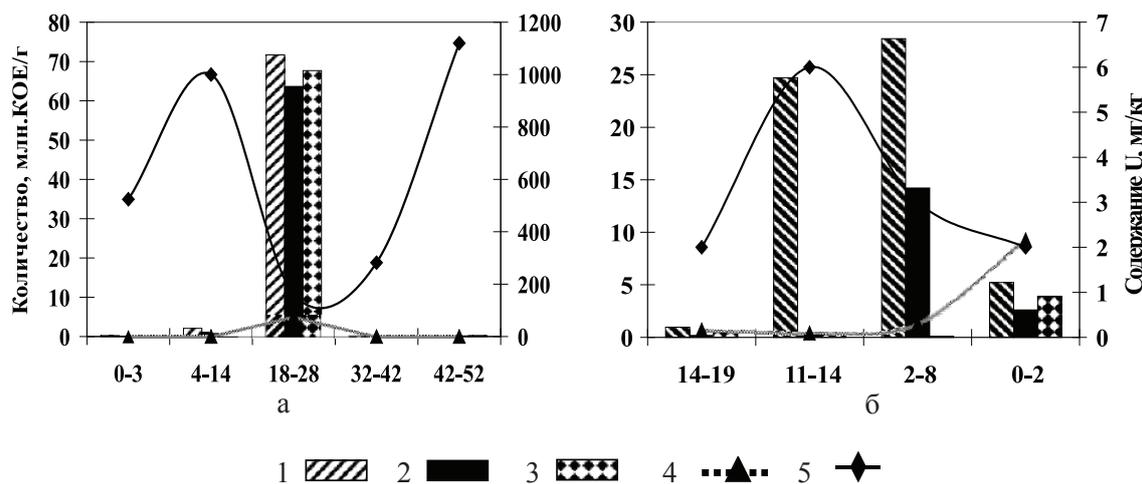
Результаты исследований и их обсуждение

В почве р. 2Г-06 отмечается два максимума почти равнозначных по содержанию U – 1000 мг/кг на глубине 4–14 см и 1120 мг/кг на глубине 42–52 см (таблица). В почвенном профиле р. 6ЭГ-03 зафиксирован всего один пик содержания урана равный 6 мг/кг на глубине 11–14 см. Интенсивность накопления урана в исследуемых аллювиальных почвах падает по мере удаления от радиоактивных отвалов, что полностью подтверждается значениями коэффициента накопления (Кн). Так, если на расстоянии 500 м от отвалов (р. 2Г-06) Кн равен 211, то в почве р. 6ЭГ-03 на расстоянии 8 км от источника загрязнения отмечается уже только фоновое содержание U (Кн = 1,2). Количество микроорганизмов, населяющих эти почвы по данным посевов на плотные питательные среды, колебалось от 10^3 до 10^7 КОЕ/г почвы. В наших исследованиях максимальное количество микроорганизмов в аллювиальных почвах (76 млн. кл/г), оказалось

меньше на 2 порядка, чем в исследованных ранее палевых лесных почвах Центральной Якутии (3–8,5 млрд. кл/г) [2] и на три порядка меньше, чем в почвах средней и южной тайги (20–50 млрд. кл/г) европейской территории России [3].

Распределение микроорганизмов по профилю исследованных почвенных разрезов сильно отличалось друг от друга. Установлен особый характер распределения их

по профилю почвы в зависимости от содержания урана. Например, в почве радиоактивно-загрязненного р. 2Г-06 на глубине 18–28 см с уменьшением содержания урана до 161 мг/кг наблюдается увеличение численности всех исследованных эколого-трофических групп микроорганизмов (гетеротрофы – $7,17 \cdot 10^7$ КОЕ/г, олигонитрофилы – $6,37 \cdot 10^7$, мицелиальные грибы – $7,58 \cdot 10^7$, актиномицеты – $6,77 \cdot 10^7$ КОЕ/г) (рисунок).



Гистограмма зависимости численности микроорганизмов от содержания урана (5) в аллювиальных почвах Южной Якутии (2007 г): а – разрез 2Г-06; б – разрез 6ЭГ-03. Микроорганизмы: 1 – аммонификаторы, 2 – олигонитрофилы, 3 – актиномицеты, 4 – мицелиальные грибы

В остальных образцах данного разреза с увеличением содержания урана в почве наблюдается исчезновение или спад численности микроорганизмов на 1–2 порядка. В отличие от загрязненного р. 2Г-06, в «чистом» р. 6ЭГ-03 численность микроорганизмов остается достаточно высокой по всему почвенному профилю и зависит от температуры почвы, как в естественных почвах. Степень корреляции с температурой была высока, но с разными микроорганизмами корреляция была как строго положительной ($r = +1$), так и строго отрицательной ($r = -1$) (таблица). Оценка корреляции численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов с такими факторами, как содержание урана, температура и влажность почвы показала, что в загрязненном разрезе она имела сильную отрицательную связь ($r = -0,6$) с содержанием урана. Численность же целлюлозолитических бактерий неожиданно показала положительную связь ($r = 0,8$) с ураном. Обнаружены ярко пигментированные колонии микроорганизмов на глубинах с повышенным содержанием урана.

Кроме того, из аллювиальной почвы радиоактивно-загрязненного разреза на глубине 42–52 см, где наблюдали пик содержания урана равный 1120 мг/кг, при определении целлюлозолитических микроорганизмов был выделен целлюлозолитический гриб морфологически близкий к роду *Fuzarium*. Этот микроорганизм отличался бурным ростом, ранее в исследованных нами почвах Якутии его не обнаруживали.

В нашем исследовании наиболее устойчивыми к повышенному содержанию урана оказались целлюлозоразрушающие грибы, их численность на глубине 42–52 см в радиоактивно – загрязненной почве с содержанием урана 1120 мг/кг возросла на 2 порядка до $1,35 \cdot 10^5$ КОЕ/г и появились новые виды целлюлозолитических грибов морфологически близкие к роду *Fuzarium*. Кроме того, также были обнаружены пигментированные колонии микроорганизмов черного цвета в горизонтах с повышенным содержанием урана морфологически близкие к родом *Cladosporium sp.* и *Wangiella dermatitidis*.

Выводы

Таким образом, статистический анализ результатов определения показателей функционального состояния микробсообществ в зоне урановых месторождений Южной Якутии выявил значительную отрицательную корреляцию между численностью микроорганизмов и содержанием урана в радиоактивно-загрязненной аллювиальной почве ($r = -0,6$), в незагрязнен-

ной почве выявлена строгая зависимость между численностью микроорганизмов и её температурой ($r = +1$). Впервые показано, что почвенные микроорганизмы в исследуемой зоне урановых месторождений Эльконского горста, которые подверглись длительному воздействию радиационного фактора, характеризуются высокой устойчивостью к техногенному радиоактивному загрязнению.

Коэффициенты корреляции численности различных групп микроорганизмов и почвенно-экологических факторов (температура, влажность, содержание урана) в мерзлотных почвах Эльконского горста, Южная Якутия

	Аммонификаторы	Олиготрофилы	Актиномицеты	Мицелиальные грибы	Целлюлозолитики
<i>Разрез 2Г-06, почва: аллювиальная светлогумусовая, в 500 м от начала отвалов</i>					
Температура почвы	-0,116	-0,115	-0,116	-0,115	-1
Влажность почвы	-0,255	-0,250	-0,242	-0,244	0,889
Содержание урана	-0,589	-0,593	-0,596	-0,598	0,786
<i>Разрез 6 ЭГ-03, почва: аллювиальная светлогумусовая, в 8 км от отвалов</i>					
Температура почвы	-1	1	1	1	-1
Влажность почвы	-0,097	-0,397	0,770	0,727	-0,841
Содержание урана	0,681	-0,162	-0,446	-0,485	-0,040

Полученные результаты позволяют вести диагностику уровня загрязнения почв естественными радионуклидами с помощью чувствительных и особо устойчивых видов микроорганизмов, что важно для разработки научных основ радиоэкологического мониторинга мерзлотных почв и мероприятий по рекультивации техногенных ландшафтов в криолитозоне.

Список литературы

1. Бурцев И.С., Степанова С.К. и др. Радиационная безопасность Республики Саха (Якутия). – Якутск, ЯФГУ «Изд-во РАН», 2004.
2. Иванова Т.И., Кононова Н.П., Николаева Н.В., Чевычелов А.П. Микроорганизмы лесных почв Центральной Якутии // Почвоведение. – 2006. – №6. – С. 735–740.
3. Головченко А.В., Полянская Л.М. Особенности годовой динамики микроорганизмов в почвах южной тайги // Почвоведение. – 2000. – №4. – С. 471–477.