

УДК 631.461:631.459.2

ВЛИЯНИЕ ЦЕЗИЯ И ТОРИЯ НА МИКРОБОЦЕНОЗЫ ПОЧВ ЯКУТИИ**Иванова Т.И., Кузьмина Н.П., Собакин П.И.***ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН», Якутск,
e-mail: salomaxa8@mail.ru*

Установлено, что действие радиоактивного цезия ^{137}Cs на почвенные микроорганизмы, отличалось от действия радиоактивного тория ^{232}Th . Общая численность микроорганизмов в ториевых россыпях р. Васильевка составляла миллиарды клеток на 1 грамм почвы, что на порядок больше, чем в почвах объекта «Кратон-3», где обнаружены сотни миллионов клеток на 1 грамм почвы. Изменился качественный состав микробоценозов в ториевых россыпях р. Васильевка мицелиальные грибы не обнаружены. Тогда как на объекте «Кратон-3», мицелиальные грибы и целлюлозолитические бактерии показали устойчивость к повышенному содержанию радиоцезия: в гумусовом горизонте А дерново-карбонатной почвы разреза 1 с содержанием радиоцезия 29903 Бк/кг мицелиальные грибы обнаружены в количестве 20 тыс. КОЕ/г, а целлюлозолитики – 7 тыс. КОЕ/г. Во втором разрезе на глубине 2-10 см с концентрацией радиоцезия 5676 Бк/кг максимальная численность целлюлозолитиков составила 1 млн. КОЕ/г.

Ключевые слова: мерзлотные почвы, радиоактивность, микроорганизмы, устойчивость**INFLUENCE OF CAESIUM AND THORIUM OVER MICROBOCENOSES OF SOILS OF YAKUTIA****Ivanova T.I., Kuzmina N.P., Sobakin P.I.***Institute for biological problems of cryolithozone SB RAS, Yakutsk, e-mail: salomaxa8@mail.ru*

It is found that the effect of radioactive caesium ^{137}Cs over soil microorganisms was different from the effect of radioactive thorium ^{232}Th . The total abundance of microorganisms in the thorium-bearing placers of the Vasilievka River comprised billions of cells per a gram of soil and that is an order more than in soils of the unit «Kraton-3» where hundreds of millions of cells per a gram of soil were found. The qualitative content of microbocenoses changed in the thorium placers of the Vasilievka riv. where filamentous fungi were not detected. Conversely, filamentous fungi and cellulose-fermenting bacteria revealed resistance to high concentration of radiocaesium in the unit «Kraton-3»: 20 ths CFU/g of filamentous fungi and 7 ths CFU/g of cellulose-fermenting bacteria were found in the humus A horizon of sod-calcareous soil in section 1 with concentration of radiocaesium 29903 Bq/kg. The peak number of cellulose-fermenting microorganisms attained 1 mln CFU/g in section 2 at a depth of 2-10 cm with radiocaesium 5676 Bq/kg.

Keywords: cryogenic soils, radioactivity, microorganisms, resistance

Радиоэкологические и микробиологические исследования проводили в двух основных зонах радиоактивных загрязнений Якутии. Первая из них находилась в верховьях р. Марха, где летом 1978 г. в нижней части водораздела произведен подземный ядерный взрыв в мирных целях плутониевого заряда под кодовым названием «Кратон-3».

В ходе радиоэкологических работ летом 2012 г. нами были заложены три почвенных разреза в начале «мертвого» леса, поперек оси радиоактивного следа, на расстоянии от устья скважины в пределах 200 м. Почвенный покров на этих участках представлен дерново-карбонатными типичными и дерново-карбонатными деструктивными почвами. Содержание ^{137}Cs в изученных почвах составляет от 1,1 до 29903 Бк/кг воздушно-сухой массы. При этом концентрация его по глубине почвенного профиля уменьшается. Наиболее высокие концентрации ^{137}Cs обнаруживаются на глубине 2-12 см (р. 1), 2-10 см (р. 2) и 2-6 см (р. 3). На этих глубинах концентрация ^{137}Cs в верхних почвенных горизонтах в 2-230 раз превышает его уровень концентрации, обу-

словленный глобальными выпадениями в почвенном покрове в данном районе.

Вторая зона расположена в верхней части водораздела руч. Васильевка (Алданское нагорья). В этом районе в 1949-1953 гг. силами Дальстроя СССР велась добыча ториевого минерала (монацита) в россыпном месторождении. Почвенные разрезы заложены по преобладающему направлению ветра на расстоянии от отвала песков р. 1 – 25 м и р. 2 – 85 м. В изученных почвенных разрезах концентрация ^{232}Th изменяется от 34 до 1536 Бк/кг воздушно-сухой массы почвы. Наиболее высокие концентрации ^{232}Th обнаруживаются в верхней части почвенных разрезов на глубины 7-14 см (р. 1) и 3-6 см (р. 2). В этой части почв концентрация ^{232}Th превышает его фоновые значения в 1,6-34 раза.

Количество микроорганизмов населяющих мерзлотные дерново-карбонатные почвы объекта «Кратон-3», определенное методом посева на селективные питательные среды, колебалось от 3 тыс. до 542 млн. КОЕ/г почвы. В загрязненном р. 1 с гамма-фоном 170 мкР/ч численность аммонификаторов резко менялась по профилю, на

глубине 20-30 см (2.4 Бк/кг) она составила 451 млн КОЕ/г, что в 4 раза превышает их численность в поверхностном слое 2-6 см (29903 Бк/кг) – 127 млн. КОЕ/г почвы. При сравнении загрязненного р. 1, с условно чистым р. 3 с концентрацией ^{137}Cs – 1,1 Бк/кг обнаружено олигонитрофильных бактерий в 2 раза меньше, мицелиальных грибов – на 1 порядок, а актиномицетов уже на 2 порядка меньше.

Распределение актиномицетов по профилям исследованных почвенных разрезов сильно отличалось друг от друга. В р. 1 их было 8.25×10^7 , на порядок больше – 1.92×10^8 появляется в р. 2 и максимальная численность актиномицетов 4.54×10^8 КОЕ/г почвы отмечена в чистом р. 3 (рис. 1). В исследуемых почвах зависимость численности микроорганизмов от влажности не выявлена, основным фактором, регулирующим численность микроорганизмов, явился радиоактивный цезий. С увеличением содержания цезия в почве наблюдается спад численности микроорганизмов на 1-2 порядка, зависимость строго отрицательная во всех исследованных почвах (рис. 1).

При этом мицелиальные грибы и целлюлозолитические бактерии показали устойчивость к повышенному содержанию радиоцезия: в гумусовом гор. А дерново-карбонатной почвы р. 1 с содержанием радиоцезия 29903 Бк/кг мицелиальные грибы обнаружены в количестве 20 тыс., а целлюлозолитиков – 7 тыс. КОЕ/г. Во втором разрезе на глубине 2-10 см с концентрацией радиоцезия 5676 Бк/кг максимальная численность целлюлозолитиков составила 1 млн. КОЕ/г.

Такую устойчивость микроорганизмов к ^{137}Cs можно объяснить тем, что этот радионуклид обладает уникальной химической природой. У радиоцезия длительный (около 30 лет) период полураспада, высокая растворимость в воде его солей, сходство с физико-химическими свойствами калия обуславливают высокую биодоступность цезия в течение многих десятилетий после выброса в природную среду [6]. В последнее время появились работы об аккумуляции ионов цезия актинобактериями рода *Rhodococcus* и использованием этих бактерий при разработке биотехнологического способа очистки промышленных вод, загрязненных радионуклидами и нефтепродуктами [5].

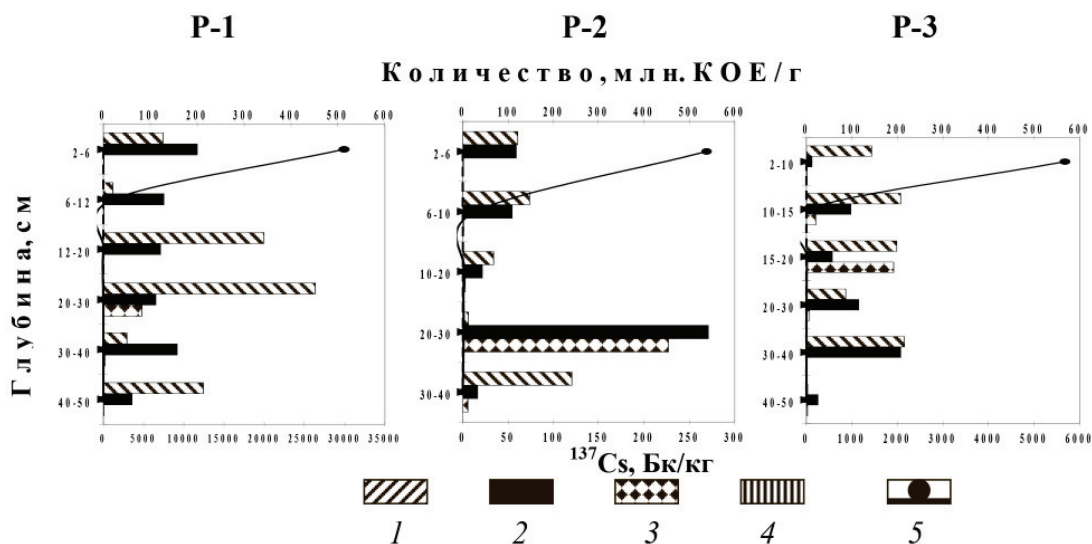


Рис. 1. Динамика численности микроорганизмов от содержания цезия (5) в дерново-карбонатных почвах «Кратон-3». Микроорганизмы: 1 – аммонификаторы, 2 – олигонитрофилы, 3 – актиномицеты, 4 – мицелиальные грибы

Количество микроорганизмов, населяющих типичные подбуры руч. Васильевка по данным посевов на плотные питательные среды, колебалось от 10^3 до 10^9 КОЕ/г почвы, т.е. составляло от тысячи до миллиарда клеток в 1 г АСВ почвы. Наибольшую численность в микробном пуле подбуря составили олигонитрофильные микроорганизмы 4,67 млрд. КОЕ/г почвы, в гор. В р.2 удаленном на 85 м от отвала радиоактивных песков, содержание тория здесь было фоновым и составило 38 Бк/кг воздушно-сухой массы (рис. 2).

Другие исследованные нами физиологические группы микроорганизмов напротив показали свою прямую зависимость от концентрации тория. Чем выше содержание тория было обнаружено в подбуре, тем больше микроорганизмов фиксировали. Например, целлюлозолитические бактерии и актиномицеты, в количестве 34 тыс. и 2,89 млрд. КОЕ/г соответственно, обнаружены в том же условно «чистом» разрезе 2, но в верхнем горизонте А1А2 содержащем

^{232}Th в количестве 60 Бк/кг воздушно-сухой массы, что в 1,6 раза превышает его фоновые значения (рис. 2).

Самым необычным оказалось распределение аммонификаторов, их наибольшая численность 666 млн. КОЕ/г обнаружена в верхней части почвенного р.1 на глубины 7-11 см. В этой части почвы концентрация ^{232}Th составила 1535 Бк/кг воздушно-сухой массы, что превысила его фоновые значения в 34 раза. Распределение микроорганизмов по профилю исследованных почв показало прямую корреляцию с содержанием тория и не зависело от влажности данных почв (рис. 2).

Таким образом, показано, что почвенные микроорганизмы в исследуемых радиоактивных зонах Якутии, которые подверглись длительному воздействию радиации, характеризуются высокой устойчивостью к техногенному радиоактивному загрязнению, при этом, длительное воздействие радиоактивного цезия на почвенные микроорганизмы, отличалось от действия радиоактивного тория.

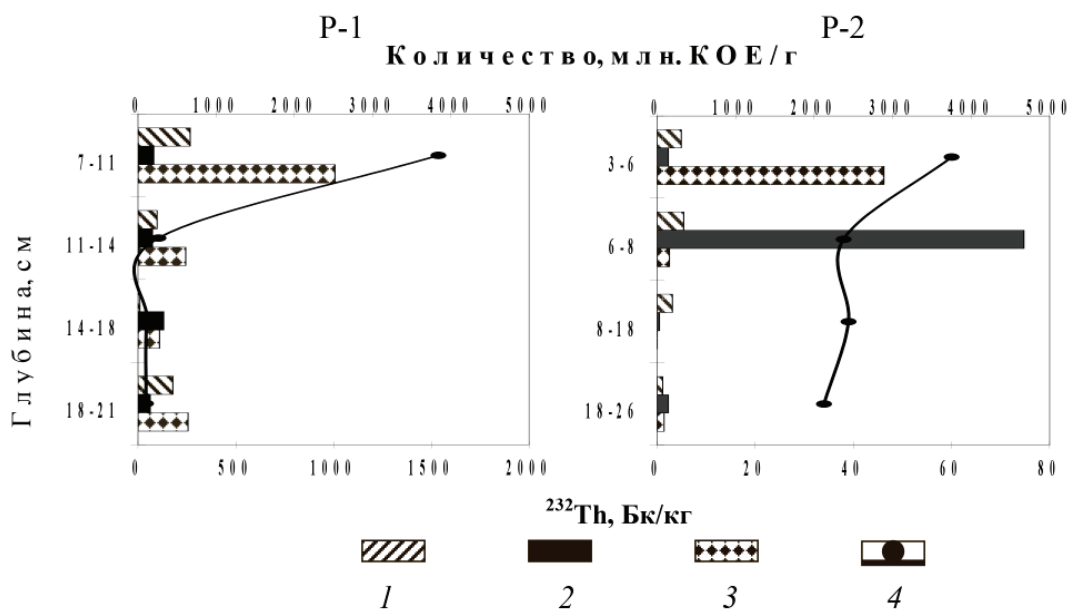


Рис. 2. Зависимость численности микроорганизмов от содержания тория (4) в почвах руч. Васильевка, 2012. Микроорганизмы: 1 – аммонификаторы; 2 – олигонитрофилы; 3 – актиномицеты

Во-первых, общая численность микроорганизмов в ториевых россыпях руч. Васильевка составляла миллиарды клеток на 1 грамм почвы, что на порядок больше, чем в почвах объекта «Кратон-3», где обнаружены сотни миллионов клеток на 1 грамм почвы. Это может быть связано, как с разными типами мерзлотных почв в этих радиоактивных зонах, так и с действием исследованных радионуклидов. Радиоактивный цезий – один из главных компонентов техногенного радиоактивного загрязнения биосферы, его действие наиболее губительно на живые организмы. По сравнению с ним, торий – слаборадиоактивный химический элемент, его действие можно сравнить с действием малых доз радиации. Малые дозы ионизирующих излучений часто стимулируют развитие некоторых микроорганизмов, а с увеличением дозы начинает проявляться их специфический эффект, выражающийся, прежде всего в изменении общей численности почвенных микроорганизмов. Иногда при этом наблюдается не снижение, а возрастание численности микрофлоры как, например, по аналогии при загрязнении свинцом. Некоторыми исследователями это объясняется гибелью чувствительных микроорганизмов и активным развитием устойчивых форм, использующих энергетический потенциал погибших клеток [2, 4].

Во-вторых, изменился качественный состав микробиоценозов, в ториевых россы-

пях р. Васильевка мицелиальные грибы не обнаружены. В-третьих, зависимость численности микроорганизмов от радиоцезия оказалась отрицательной, а от тория – положительной.

В ториевых россыпях руч. Васильевка в подбурях максимальная численность микроорганизмов (4,67 млрд. кл/г) оказалась равной численности микроорганизмов в палевых лесных почвах Центральной Якутии (3-8,5 млрд.кл/г) [3] и на порядок меньше, чем в почвах средней и южной тайги (28-50 млрд.кл/г) европейской территории России [1].

Список литературы

1. Головченко А.В., Полянская Л.М. Особенности годовой динамики микроорганизмов в почвах южной тайги // Почвоведение. 2000. № 4. С. 471–77.
2. Загуральская Л.М., Зябченко С.С. Воздействие промышленных загрязнений на микробиологические процессы в почвах бореальных лесов района Костамукши // Почвоведение. 1994. № 5. С. 105–110.
3. Иванова Т.И., Кононова Н.П., Николаева Н.В., Чевычелов А.П. Микроорганизмы лесных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2006. № 6. С. 735-740.
4. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема // Почвоведение. 1999. №4. С. 505-511.
5. Пешкур Т.А. Аккумуляция цезия актинобактериями рода *Rhodococcus* // Автореф. ... канд. биол. наук. Пермь, 2002. С. 22.
6. De Rome L., Gadd G.M. Use of pelleted and immobilized yeast and fungal biomass for heavy metal and radionuclide recovery // Ind. Microbiol. – 1991. – V. 123. – P. 447-453.