

УДК 582.26 (628.85)

Дж.С. Тагаева, Б.М. Худайбергенова, Ю.Г. Быковченко, А.Т. Жунушов

Институт биотехнологии Национальной академии наук Кыргызской Республики, Кыргызстан, г. Бишкек  
e-mail: bermetkh@pochta.ru, acan@rambler.ru**Изучение микробиоты на территории хвостохранилища Кара-балта**

В статье представлены данные по подготовке проб микроорганизмов к метагеномному анализу, изучены химические и физические показатели почв в районе хвостохранилища г. Кара-Балта, как индикаторы жизнедеятельности бактерий. Установлено содержание более 40 химических элементов в почвах данной территории. Выделены отдельные точки загрязнения тяжелыми металлами по градиенту радиационного фона. Для отдельных почвенных образцов выявлено высокое содержания гумуса и углерода, а также азота, прямые показатели жизнедеятельности микроорганизмов. Установленная для некоторых образцов положительная корреляция этих индикаторов с высокой концентрацией ряда тяжелых металлов, свидетельствует о возможности использования почв для дальнейшего метагеномного анализа микробных сообществ. Работа выполняется в рамках проекта МНТЦ КР# – 2088.

**Ключевые слова:** микроорганизмы, хвостохранилище г. Кара-Балта, метагеномный анализ, тяжелые металлы, гумус почвенных образцов.

Дж.С. Тагаева, Б.М. Худайбергенова, Ю.Г. Быковченко, А.Т. Жунушов

**Кара-балта қалдық сақтайтын қойма территориясындағы микробиотаны зерттеу**

Бұл мақалада микроорганизмдерді метагенді анализге дайындау жайлы мәліметтер берілген. Қара – Балта қаласы маңындағы топырақтың бактериялардың тіршілік әрекетінің индикаторы ретінде химиялық және физикалық көрсеткіштері зерттелді. Бұл территорияның топырағында 40 аса химиялық элементтер бар екені анықталды. Радиациялық фонның градиенті бойынша ауыр металлдармен ластанған ерекше аймақтар анықталды. Ерекше топырақ үлгілері үшін микроорганизмдердің тіршілік әрекетіне тікелей әсер ететін гумус пен көміртектің көптеп кездесуі, сонымен қоса азот анықталды.

**Түйін сөздер:** микроорганизмдер, метагеномды анализ, ауыр металлдар, топырақ үлгілерінің гумусы.

Dzh.S. Tagaeva, B.M. Khudaibergenova, Y.G. Bykovchenko, A.T. Zhunushov

**The research of microbiota on the territory of waste tailing of kara-balta**

Chemical and physical indexes of Kara-Balta uranium tailing soils were detected. Microbial community in this territory have passed through changes during last 50 years. The level of heavy metals reduced in selitabe zone. In the first and third horizons the samples of soil with higher concentration of carbon, humus, nitrogen as indicators of microbial activity were determined. In addition the higher concentration of heavy metals are detected in these samples which may be the result of metabolism.

**Key words:** microorganisms, uranium tailing of Kara-Balta, metagenomic analysis, heavy metals, humus of soil samples.

**Введение**

Одна из главных проблем в добыче и переработке урановой и других радиоактивных руд является безопасная утилизация отходов. В отходах подобных производств содержатся не только различные соединения радиоактивных элементов уранового ряда, но и соли тяжелых металлов, используемых в качестве реагентов

при переработке руд – Pb, Cd, Si, Cr, V, Ni, Mn и др. Основной способ утилизации отходов -это захоронение в хвостохранилищах. Учитывая длительный период полураспада основного изотопа урана ( $U^{235}$ ) – 4, 51x10<sup>9</sup> лет, радиационного калия ( $K^{40}$ ) – 1,3 x 10<sup>9</sup> и других изотопов, экосистемы, прилежащих к территориям хвостохранилищ находятся под постоянной угрозой нару-

шения гомеостаза. Поиск новых экологических путей обезвреживания радиоактивных и токсичных отходов является исключительно важной задачей мирового масштаба. В этом направлении ведутся исследования как по усовершенствованию технологических процессов, так и по применению новых свойств живых организмов в экологических задачах.

В частности, в ряде работ была выявлена биоремедиация почв с участием микроорганизмов от тяжелых металлов, от нефтепродуктов и других токсичных элементов [1,2]. При этом методы утилизации или биоремедиации базируются как на активизации почвенной микрофлоры за счет агротехнических мероприятий, так и за счет интродукции в места загрязнения специальной бактериальной массы способной утилизировать загрязнители. При этом биоремедиация идет в двух направлениях: путем осаждения загрязнителей на мембранах микробных клеток либо путем поглощения токсических элементов и их трансформации в другие соединения за счет включения в метаболические процессы клетки.

В ряде исследований показано, что в зависимости от состава загрязнений почвы и их концентрации, а также удаления от источника загрязнения видовой состав почвенных микроорганизмов может существенно меняться [3,4]. Происходит элиминация одних видов и замещение другими. Такие процессы могут быть связаны с агрохимическими показателями почв либо с устойчивостью микроорганизмов к измененным условиям среды.

#### **Материалы и методы исследований**

Для поиска микроорганизмов, обладающих свойствами устойчивости, утилизации, деградации вредных веществ были исследованы территории уранового хвостохранилища Кара-Балта, находящегося на территории Кыргызстана. Кара-Балтинский горнорудный комбинат расположен в Чуйской области, Жаилском районе, в 70 км к западу от г. Бишкек. Функционировал с 1955 г. в основном за счет привозной урановой руды из других геохимических провинций Кыргызстана и из-за рубежа. Мощность завода составляла до 2,0 тыс. тонн урана в год. От деятельности комбината образовано хвостохранилище в 1,5 км от г. Кара-Балта.

Хвостохранилище – равнинного типа площадью 2,38 тыс. м<sup>2</sup>, закономерно на 55 %, объем отходов уранового ряда 32,5 млн м<sup>3</sup>, экспозици-

онная радиация 84,6 тыс Кюри. Радиационный фон – от 25 до 550 мкР/ч. Вблизи территории хвостохранилища по периметру отобрано для исследований 16 образцов почвы и 4 образца в относительной чистой зоне в 1,5 км от хвостохранилища (рис. 1).

В работе использованы общепринятые методы анализа почв: 1) влажность почвы [5], 2) содержание азота в почве [6], 3) содержание гумуса, а также углерода [7]. Химический состав почв на содержание тяжелых металлов и радиоактивных элементов определяли с помощью спектрометра XRF –DELTA.

#### **Результаты исследований и обсуждение**

При изучении территории Кара-Балта в начале 2000-го г. содержание в почве таких элементов как Mo, Pb, Co, Cd превосходило ПДК даже в селитебной зоне. Чрезвычайно опасными являлись Сг и As. В наших исследованиях был изучен химический состав почв на территории, прилегающей к хвостохранилищу, с общей площадью в 1 га. Почвенные образцы были отобраны в четырех повторностях по четырем горизонтам удаленности от источника загрязнения. Первый горизонт находился на расстоянии 1 м. от хвостохранилища (A1-A4), 2-й горизонт (B1-B4) – на расстоянии 100 м, третий (C1-C4) -200 м. и четвертый (D1-D4) – 500 м.. В первом горизонте радиационный фон составлял – 1,0150; 0,975; 0,625 мкЗв/ч. Во втором горизонте -0,329; 0,357 мкЗв/ч. В зоне С – 0,257-0,215 мкЗв/ч, и зоне D -0,288-0,230 мкЗв/ч. В качестве контроля были взяты образцы почв серозема в зоне удаленной от хвостохранилища на 1 км. Радиационный фон в чистой зоне составлял – 0,221 – 0,213 мкЗв/ч.

Было выявлено, что содержание ряда химических элементов в почвенных образцах существенно снижаются с удалением от границ хвостохранилища. Подобная закономерность установлена для Co, Mo, Pb. Высокий уровень содержания металлов (Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, Pb) отмечается для образцов почв, отобранных в ближней границе хвостохранилища (т.А3 и т.А4).

Высокое содержание железа и меди, а также молибдена отмечается и для некоторых точек третьей зоны. В то же время по другим элементам наблюдается снижение концентрации в образцах почв, что коррелирует с изменением радиационного фона. Как известно, показатели

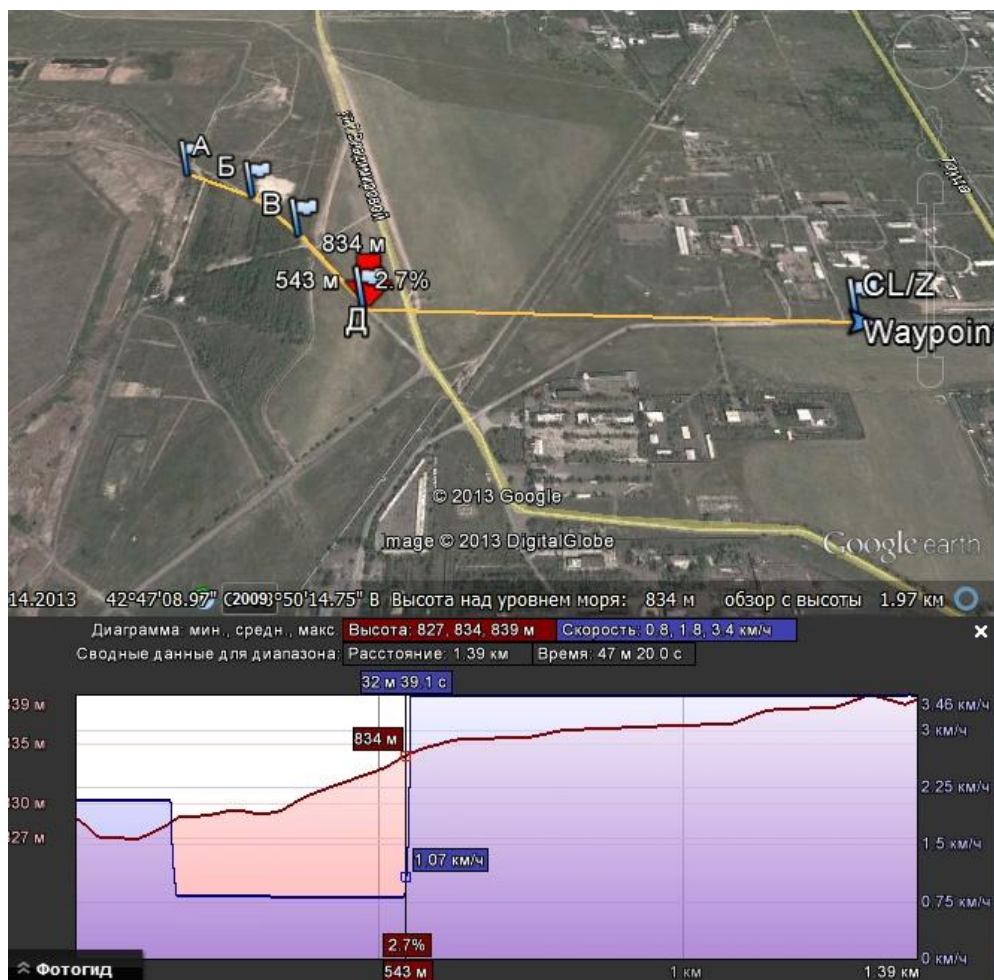


Рисунок 1 – Карта отбора почвенных образцов Кара-Балта.

гумуса в почве свидетельствуют об органической составляющей системы. В исследованиях были изучены показатели азота, углерода, влажности, а также гумуса, являющихся косвенными индикаторами жизнедеятельности микроорганизмов. Так более высокое содержание гумуса отмечается только в нескольких образцах почв. Это были образцы, взятых в т. А2, А3, А4, С1, С2, С3. Наибольшее значение по содержанию гумуса и углерода (6,05% и 3,51%, соответственно) определено для т. С3. Для данной точки зафиксировано наименьшее значение радиационного загрязнения. Процентное содержание азота варьирует от значений 0,13 (А1 и СЗ1) до 0,26 (С3). Для этих образцов наблюдается положительная корреляция между содержанием гумуса, азота с одной стороны, и высоких концентраций некоторых тяжелых металлов, с другой.

В образовании гумуса и разложении органических остатков непосредственно участвуют

микроорганизмы, грибы и простейшие. Основная часть экологических функций почвы осуществляется благодаря присутствию последних. Помимо этого многие микроорганизмы участвуют в деградации (утилизации) загрязняющих соединений, а также минералов. Таким образом, ряд металлов (Fe, Mn, S, Ca, Al и др..) переходят в подвижное состояние и вовлекаются в почвообразование. Прямое воздействие на минеральную часть почвы заключается в ферментативном окислении и редукции минералов, содержащих элементы переменной валентности. С микроорганизмами связано и образование железисто-марганцевых конкреций и восстановление оксидных соединений железа – процесс оглеения [8]. Учитывая количественные показатели основных индикаторов жизнедеятельности микроорганизмов, для метагеномного анализа микробных сообществ будут использованы образцы первого и третьего горизонта.

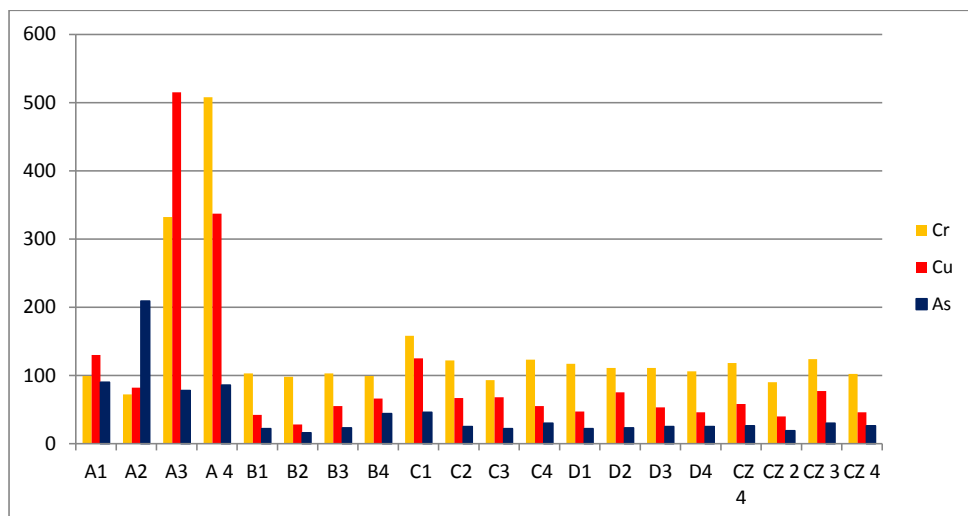
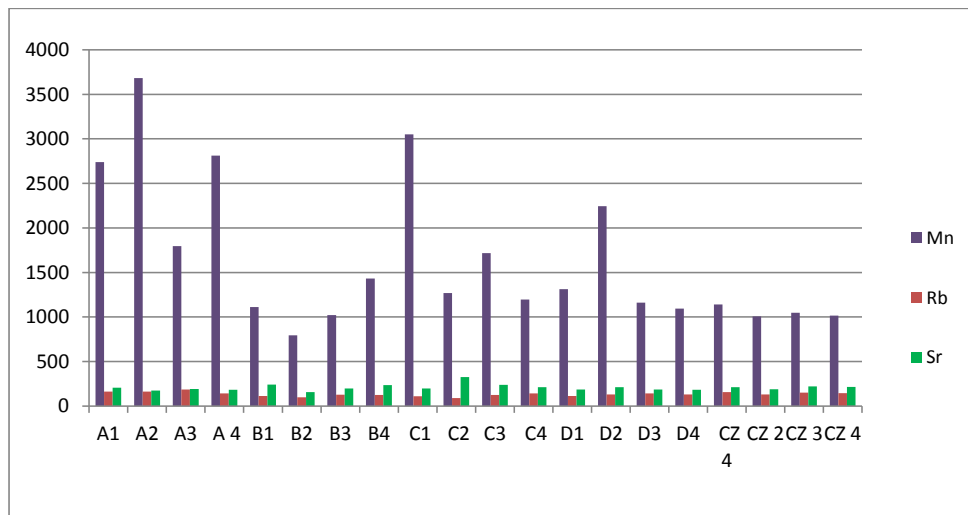
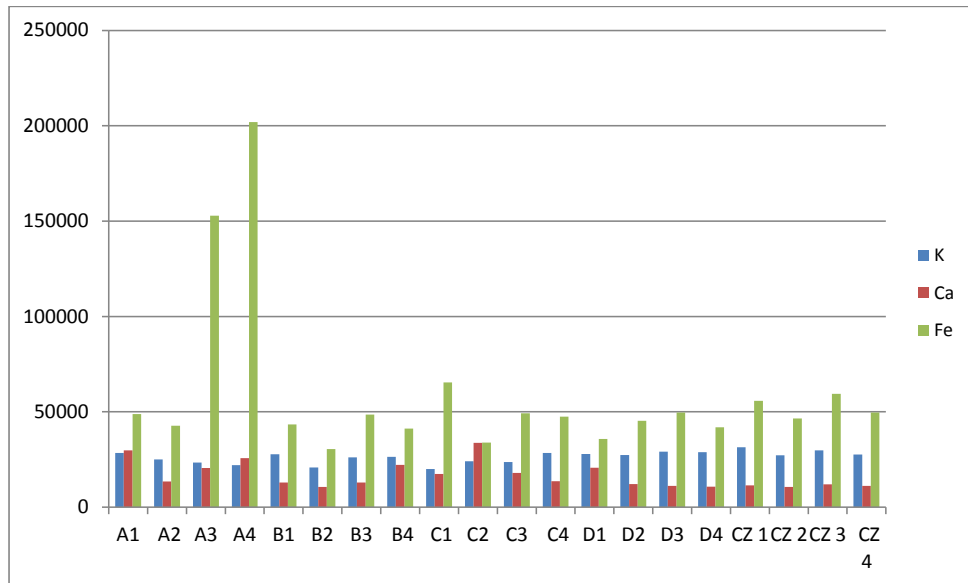


Рисунок 2 – Химические показатели образцов почв Кара-Балта в PPM

Резюме: в работе получены химические и физические показатели состава почв уранового хвостохранилища Кара-Балта. За 50 лет действия хвостохранилища микробное сообщество почв данной территории претерпело некоторые изменения. Снизился уровень тяжелых металлов в селитебной зоне. В первом и третьем го-

ризонтах обнаружены образцы почв с высоким содержанием углерода, гумуса, азота, как индикаторов жизнедеятельности микроорганизмов и одновременной высокой концентрацией некоторых тяжелых металлов, которые могут быть результатом метаболической активности бактерий.

### Литература

- 1 Илялетдинов А.Н. Иммобилизация металлов микроорганизмами. Москва, 1984. стр. 124
- 2 Ниязова Г.Н., Летунова С.В. Роль микроорганизмов почв в биогеоценозе. Уфа, 1983. Стр.103
- 3 Эрмех Х. Жизнь микробов в экстренных условиях. Москва., 1981., стр.98.
- 4 Бекасова О. и др. аккумуляция кадмия, титана и алюминия цианобактериями. Москва, 1999.
- 5 Методические указания к практикуму по изучению физических и агрохимических свойств почв. П. Красильников., Москва 1998 .
- 6 Мазор Л. Методы органического анализа. М.Мир., 1986 г. с.586.
- 7 Микроорганизмы почв. <http://www.activestudy.info/mikroorganizmy-pochv/>
- 8 Л.А. Церцвадзе, У.И. Звиададзе. Перспективы использования глееобразовательных процессов в целях утилизации отходов горно-добывающей промышленности. Инженерная геология. 1, 1991, с. 25-34.

### Reference

- 1 Pyaletdinov A.N. Immobilization of metals by microorganisms. Moscow ,1984 –p.-124.
- 2 Niyazova G.N., Letunova S.V. The role of the soil microorganisms in the biogeocenosis. Upha,1983. P.103.
- 3 Ermekh Kh. The life of microorganisms in extreme conditions. Moscow., 1981. P.98..
- 4 Bekasova O. And ets. Accumulation of Cd, Ti and Al by cianobacteria. Moscow,1999, p.187.
- 5 P.Krasilnikov//Methodical guidance to the practical work on study of physical and agrochemical soil features//Russia.
- 6 L.Mazor// Methods of organic analysis //”Mir” Journal// 1986, p.586
- 7 Soil Microorganisms// <http://www.activestudy.info/mikroorganizmy-pochv/>
- 8 L.A.Tsertsvadze, U.I.Zviadadze//Promises of using glei forming processes to utilize mining industry wastes//Geological Engineering// 1// 1991, pp. 25-34.
- 9 Bishkek, ILIM// 2000