

Кулданбаев Н.К., Арнолдуссен А., Фогт Р.Д., Сыдыкбаев Т.Н., Окланд Т.И., Эйлертсен О.

**ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО
НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА «КЫРГЫЗ-АТА»
(Ноокатский район, Ошская область, Кыргызская Республика)**

N.K. Kuldambaev, A. Arnoldussen, R.D. Fogt, T.N. Sydykbaev, T.I. Okland O. Eilertsen

**ECOLOGICAL HYGIENIC ASSESSMENT OF THE TERRITORY OF THE STATE
NATIONAL NATURAL PARK «KYRGYZ-ATA»
(Nookat region, Osh oblast, the Kyrgyz Republic)**

УДК: 614.77+614.778

Изучена территория Государственного национального природного парка "Кыргыз-Ата" (Ноокатский район, Ошская область, Кыргызская Республика). При сравнительном анализе содержания тяжелых металлов в почве, листьях хвое с транслокационной ПДК установлены повышенные концентрации для As, Zn, Ni и Cu. Усредненные значения концентраций данных элементов были одинаковы в обоих горизонтах почвы, что позволяет предположить о местном происхождении тяжелых металлов из низележащих горных пород. Превышение транслокационной ПДК по Cu и Zn установлено в листьях хвое деревьев. Концентрация Pb в верхнем слое почвы была выше, чем в нижнем. Причиной этого может быть влияние антропогенного фактора, что требует проведения детальных исследований. На основе результатов химических анализов проб почвы и деревьев, а также учитывая повышенную антропогенную нагрузку, имеющую место в ГНПП "Кыргыз-Ата", данную территорию можно классифицировать как умеренно опасную с гигиенической точки зрения - загрязнения местности тяжелыми металлами.

Ключевые слова: мониторинг окружающей среды, ИСР - Forests, почва, тяжелые металлы, содержание тяжелых металлов в листьях (хвое) деревьев, геохимический цикл, описание почвы, загрязнение окружающей среды, рекреационная зона.

The territory of the State National Natural Park "Kyrgyz-Ata" (Nookat district, Osh Oblast, the Kyrgyz Republic) was investigated. The chemical content of heavy metals in soil and leaves/needles samples was studied. The high concentrations of heavy metals in comparison with the translocation MPC of soil were found for As, Zn, Ni and Cu. The averaged levels of these elements are the same for both upper and lower soil layers it can be assumed that the nature of these elements origin from the underlying geological substrates. Exceeding the translocation MPC was determined in tree leaves and needles for Cu and Zn. Concentrations of Pb in A horizons of the soil samples were higher than in B horizons. The cause of this anomaly can be an anthropogenic factor and the detailed and comprehensive studies are needed to clarify it. On the base of the obtained results and taking into consideration the high anthropogenic impact, the territory of the State National Natural Park "Kyrgyz-Ata" can be classified as moderately dangerous from the hygienic point of view - pollution of the territory by heavy metals.

Key words: environmental monitoring, ICP-Forests, soil, heavy metals, content of heavy metals in leaves and needles, geochemical cycle, soil description, environmental contamination, recreation zone.

Введение

Ферганская долина является территорией, на которой все проблемы Центральной Азии (НА) – проблема границ, бедности, дефицита плодородных земель водных ресурсов, загрязнения окружающей среды, захоронения промышленных отходов, безработицы межэтнических противоречий и др., представлен концентрированным виде и сплетены в сложный клубок противоречий. Средняя плотность населения долины составляет около 100 чел./км², а в равнинной части долины - более 350 чел./км² (в Андижанской области Узбекистана плотность населения превышает 500 чел./км²). То есть, совершенно отчетливо просматривается аграрная перенаселенность, когда в наиболее плодородных районах на 1 человека приходится всего 0,6 га земли. Таким образом, долина является одним из самых густонаселенных регионов Земли, пытающихся большой экологический стресс. На годня здесь проживает более 20% процентов населения всей ЦА, по оценкам экспертов 14-15 млн. чел [31,32].

По климатогеографическому расположению Ферганская долина - межгорная впадина в предгорьях Тянь-Шаня, протяженностью до 300 км с запада на восток и до 170 км с севера на юг. Одним из неблаприятных сторон климатических условий долины, являются сильные ветры, возникающие в горловине долины в районе Худжанта (Таджикистан). Ночью и днем здесь господствуют горные ветры, днем - дольные. Направление ветров в долине связано с рельефом. Здесь выделяют два подрайона: западный, где ветры сильнее и осадков меньше, и восточный, где силы ветров менее часты и осадков несколько больше, центра долины нагретый воздух поднимается в горы, и на высоте более 1 км возникает обратное течение, однако оно не компенсирует отток воздуха из долины, и потому воздух притекает из Голодной степи. Эти ветры, иссушая поверхностные слои почвы весной становятся причиной сильных пыльных бурь, сила ветров достигает 30-35 м/сек [29, 30].

Основными секторами экономики в Ферганской долине являются сельское хозяйство, металлургия, нефтегазовая и угольная промышленность. Поэтому с высоты птичьего полета наряду с очертаниями сельскохозяйственных полей можно увидеть

многочисленные карьеры, отвалы, хвостохранилища (в т.ч. радиоактивные), дороги, озера искусственного происхождения - следы активной деятельности человека. Необходимо отметить, что на протяжении нескольких десятилетий для получения рекордных урожаев хлопка в почву вносились огромные массы различных удобрений. Поэтому почва Ферганской долины загрязнена тяжелыми металлами (ТМ) и другими токсичными веществами, которые превышают ПДК в несколько раз [30,31].

Таким образом, широкий спектр поллютантов через весьма активную воздушную среду достигает и воздействует на различные чувствительные экосистемы. Одним из таких уязвимых экосистем являются горные леса ЦА - важнейшие природные ресурсы региона за, которые влияют на многие аспекты жизни людей. Произрастая на склонах гор, эти леса аккумулируют злагу, способствуют предотвращению селевых потоков, препятствуют образованию в горах оползней и шежных лавин, регулируют расходы воды в реках, делая их более равномерными в течение года, они играют важную роль в развитии и сохранении биологического разнообразия региона [2, 25, 29].

Сегодня мониторинг загрязнений, поступающих крез воздушную среду, приобретает особую актуальность. Подтверждением этому является авария на шонской АЭС Фукусима в 2001 г., когда радиоактивные выбросы были зафиксированы на территории Епропы. К сожалению, для Центрально-азиатского региона (ЦАР) отсутствие постоянной системы мониторинга качества воздушной среды не позволило оценить влияние последствий этой аварии на здоровье юловека и природу.

Как известно, постоянный мониторинг воздуха связан с определенными трудностями временного, климатического и технического характеров. В этой связи мониторинг и изучение почвы является более полугарным и широко используемым [1,2,3,5,6,17]. Согласно академику А.М. Мамытову (1996), мониторинг почвы позволяет:

1. проводить систематический контроль за качеством и свойством почвы, на основе которого можно фогнозировать изменение и эволюцию почвенного покрова;
2. предупреждать землепользователей об увеличении концентрации загрязняющих веществ или интенфикации проводимых технологий, приводящих к агрязнению и, соответственно, разработать приемы по их устранению;
3. обосновывать рекомендации по охране окружающей среды, экологической устойчивости почвенного покрова и воспроизводства ее плодородия.

Целью настоящих исследований явилась экологогигиеническая оценка территории Государственного Национального Природного Парка (ГНПП) "Кыргыз-Ата", который расположен в южной части Ферганской долины. ГНПП "Кыргыз-Ата" исполь-

зуется населением не только в качестве рекреационной зоны, но также для выращивания сельхозпродуктов (в основном картофеля), выпаса домашних животных, а также [для сбора даров леса: ягод, лечебных трав и заготовки дров [2].

Материалы и методы

Географическое положение изучаемого района

Государственный Национальный Природный Парк Кыргыз-Ата" расположен в районе участка Кара-Кой [а северном макросклоне Алайского хребта. По физико-географическому районированию исследуемая территория относится к Алай-Туркестанской провинции, При ферганской горной области, Средне-азиатской горной стране. Алай-Туркестанская провинция - обширный горный долинно-котловинный край, расположенный к югу от Ферганской долины. Ее образуют система Алайского и Туркестанского хребтов вместе с их передовыми грядами, предгорными адырными поднятиями, внутри горными депрессиями, вытянутыми в широтном направлении на расстояние до 500-550 км.

Территория отличается общей приподнятостью горных хребтов (до 5000-5500 м), значительной контрастностью ландшафтов. Для Алай-Туркестанской системы хребтов характерна обнаженность склонов и их большая крутизна (половина территории имеет уклон более 30), резкая расчлененность, мощное проявление эрозии, глубокие узкие ущелья со стремительными водными потоками [2,25,29].

Административно район исследований относится к Ноокатскому району Ошской области Кыргызской Республики.

Геология

Участок Кара-Кой входит в состав тектонической области Южный Тянь-Шань. Основные особенности составляют: широкое развитие среднего и верхнего палеозоя разнообразных по составу геосинклинальных формаций; основная складчатость – среднегерцинская линейная с широким развитием надвигов и шарьяжей, завершающая - позднегерцинское, развитое в верхнепалеозойских молласовых и флишевой формациях; красноцветная континентальная моласса перьями заполняет "остаточные красные мульды". Ограниченно распространены верхнепалеозойские гранитоидные интрузии, характерны интрузии щелочной магмы. Палеозойское складчатое основание с региональным несогласием перекрыта мезозойскими и кайназойскими отложениями, заполняющими межгорные и предгорные впадины [2,4,25,29].

Рельеф

Участок Кара-Кой относится к Алай-Туркестанской провинции по геоморфологическому районированию. Основным фактором формирования рельефа здесь является приуроченность данного участка к эпигерцинским структурам, испытавшим в олегоцен-плейоцен-плейстоцене вертикальные движения противоположного знака. Участок Кара-Кой по

признаку простирания и взаимного расположения входит в группу южный Тянь-Шань (Алайский и Туркестанские хребты).

Рельеф здесь выработан, главным образом, в палеозойских и протерозойских породах, и структура его зависит от диапазона высот, экспозиции склонов, литологического состава пород. Широко развиты скалистые формы рельефа. Тектонико-денудационный рельеф выработан в мезозойских и палеоген-неогеновых отложениях. Это бывшие прогибы, которые в позднем плейстоцен - плейстоцене испытали мощные тектонические поднятия. Рельеф здесь отличен тем, что на поверхность выходят палеозойские и протерозойские породы. Возраст становления текто-ноко-денудационного рельефа в основном неоген - раннечетвертичный и развитие его продолжается и в настоящее время [2,4,25,29].

Правовой статус парка, основная древесная растительность, высотные границы

По правовому статусу ГНПП "Кыргыз-Ата" является особо охраняемой природной территорией, осуществляющей функции охраны и восстановления уникальных природных комплексов арчевых лесов и обеспечения развития рекреационной зоны парка. Основной древесной растительностью являются горные арчевые леса, произрастающие от предгорий до субальпийских лугов. Леса образованы в основном тремя видами древовидной арчи: *Juniperus (J.) Turkestanica*, *J. Zeravshanikau* *J. Semigloboza*.

Высотные границы распространения леса не стабильны и варьируют в зависимости от условий место- произрастания. В наиболее ксерофитных условиях произрастает *J. Zeravshanika*. На территории парка этот вид встречается только по южным склонам, чаще единично, до высот 2500 м. На высотах до 2500 м на северных склонах и до 2800 м на южных склонах преобладает *J. Semigloboza*. В нижней части этого пояса юзольно часто встречается *J. Zeravshanika*, а в верхней - *J. Turkestanica* древовидной формы. До 3000 м на северных и 3300 м на южных склонах преобладает *Turkestanica*. В верхней части, в пределах 3000 - 3300 м над ур. м, *J. Turkestanica* образует стланиковые заросли [2].

Установка мониторинговых плотов

Пробные площадки устанавливались по стандартной методике, которая была разработана по программе ICP-Forests под эгидой Конвенции по долгосрочному трансграничному загрязнению воздуха (CLRTAP) Европейской Экономической Комиссии ООН (UNECE) в 1986 г. [7,19-21].

Установка мониторинговых площадок (плотов) проводилась следующим образом: 10 макро-плотов, каждая размером 10x10 м, размещались субъективно с таким учетом, чтобы представить всю разнообразность вдоль предположительно важных экологических градиентов: по склону, условиям питания, свету, топографии, влажности почвы и т.д. Каждый макроплот размещался в центре плота размером

30x30 м, в котором учитывались и записывались все параметры каждого дерева.

Все площадки устанавливались в местности с общим водным бассейном (водозабором). Внутри каждого макро-плота путем случайной выборки (в 20 из 100 возможных вариантов), устанавливались 5 мезо-плотов размером 1x1 м, при этом каждый мезо-плот не соприкасался с соседним и расстояние между ними было 1 м.

Одним из важных условий выбора места для установки макро-плотов было отсутствие видимых следов внешнего воздействия, в первую очередь антропогенного характера. Координаты мезо-плотов отклонялись при: 1) совмещении угла или сторон 2-х соседних мезо-плотов (1 м²); 2) размещении дерева или кустарника внутри мезоплота; 3) физическом повреждении внутри мезо-плота (отсутствие почвенного покрова, обширные тропы, следы, раскопки и т.д.); 4) разрушении природного характера: оползни и т.п.; 5) покрытии почвенной поверхности камнями более чем на 20%; 6) наличии природных объектов высотой 25 см и более рядом с мезо-плотом.

При отклонении неподходящей координаты выбиралась новая. Все 4 угла мезо-плотов маркировались алюминиевыми тубиками (трубками-реперами), которые вбивались в почву. Дополнительно использовались видимые цветные пластиковые палочки длиной 50 см. В каждый угол плота 30 м² и макро-плота 10 м² также вбивались алюминиевые трубки, при этом географические координаты левого нижнего угла мезо-плота фиксировались с помощью системы GPS. Использование алюминиевых маркеров облегчает поиск мониторинговых площадок с помощью металлодетектора. Таким образом, данная маркировка позволяет проводить повторный анализ установленных плотов с большой точностью попадания на место первичного исследования [7,16,17,19-21].

Отбор проб почвы и их анализ

В период с 20 по 23 октября 2004 г. были отобраны пробы почвы с каждого мезо-плота. Всего в районе ГНПП "Кыргыз-Ата" было установлено 50 мезо-плотов площадью 1 м². Отбор проб проводился только в солнечные дни, температура воздуха была около 0 С. Отбор проб для определения влажности почвы был проведен в июне 2005 г. Следует отметить, что для долгосрочного мониторинга очень важно получить информацию со всех горизонтов почвы, поэтому для каждого горизонта почвы отбиралась своя проба. Для каждого мезо-плота записывался свой горизонт и глубина отобранной пробы. Пробы отбирались с 3-х внешних сторон каждого мезо-плота на расстоянии 10-15 см от края, чтобы исключить повреждение и нарушение почвенного покрова внутри пробной площадки.

Для отбора проб почвы использовался буров Эдельмана с максимальной глубиной достижения в 120 см. Наличие карбонатных (известняковых) пород подтверждалось с помощью 1 М раствора

соляной кислоты. С каждого 1 м² плота отбиралась смешанная проба и помещалась в картонную коробку объемом 0,5 л. Отобранные пробы хранились в сухом и прохладном месте. За пределами макро-плота проводилось простое описание почвенного профиля, которое давало общую характеристику данного плота [14,23,24,26,27]. Пробы почвы отбирались вокруг ботанических мониторинговых пробных плотов площадью 1 м².

При изучении изменений состава почвы очень важным является рассмотрение целого профиля почвы. Причиной для этого могут быть изменения в почвенном покрове из-за биогеохимического цикла (Рис. 1).

В рамках проекта ТЕМР-СА в районе ГНПП "Кыргыз-Ата" (Ноокатский район, Ошская область, Кыргызская Республика) были собраны следующие почвенные данные:

- развитие почвенного профиля;
 - химические параметры на каждый почвенный горизонт;
 - текстура почвы;
 - содержание влажности в верхней части почвы.
- Отбор проб листьев/хвои деревьев*

Для спектрометрического определения содержания химических элементов (тяжелых металлов) отбирались пробы листьев (хвои) деревьев с каждого плота площадью 30x30 м с 3-х образцов деревьев одного доминирующего вида в количестве 100-150 гр. Таким образом, всего на участке Кара-Кой в период май-июнь 2005 г. было отобрано 30 проб листьев/хвои. Пробы отбирались только с живой части кроны, причем это были листья только текущего года, а для хвои максимум предыдущего года. Далее образцы сушились в чистой комнате и хранились в прохладном месте в перфорированных полиэтиленовых или бумажных пакетах до доставки их в специализированную лабораторию для последующего химического анализа [14,23,24,26,27].

Химический анализ почвы, листьев/хвои деревьев

Многоэлементный анализ проб почвы, листьев/хвои проводился в лаборатории ОсОО "Алекс Стюарт энд Инвайронментал Лэборэторис" (г. Кара-Балта, Кыргызстан) с использованием атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой согласно международным стандартным методикам [8-13].

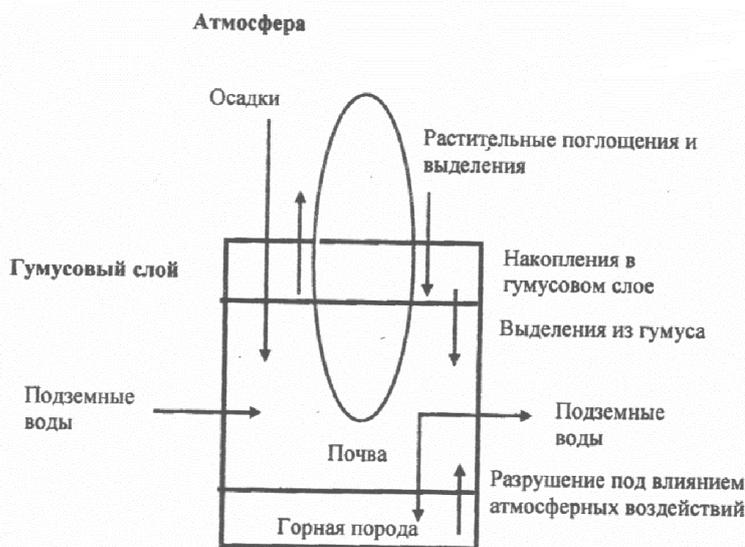


Рис. 1. Упрощенная модель биогеохимического цикла веществ.

Статистическая обработка данных

Полученные в ходе работы данные подвергались работе с помощью пакета программы Microsoft office Excel 2003.

Результаты и обсуждение

Все плоты были установлены на крутых склонах. Горы, окружающие ГНПП "Кыргыз-Ата", содержат большое количество карбонатных пород. Склоны гор имеют разные экспозиции. Почва в нижней части долины характеризуется как *Umbrisols* (темные гумусовые почвы). Почвы нижней части склона с южной экспозиции являются преиму-

щественно *Cambisols* (почва начальным формированием, обычно светло-коричневая). Более влажная северная часть с глубокими органическими профилями классифицируются как *mbrisols*, возможно, и как *Chernozems* (чернозем), однако для подтверждения этого необходима специальная соответствующая технология, которая в данном проекте не была предусмотрена.

Вершины склонов, особенно их южная часть, являются каменистыми, и эти почвы могут

классифицироваться как *Leptosols* (щебенистая почва).

В целом текстура почвы варьирует от ила до сугинка или до суглинистой глины. Почвы обладают довольно хорошей катион-обменной способностью и итательными свойствами благодаря карбонатным ородам. Почвы на вершинах склонов в целом более аменистые и неглубокие, что явно свидетельствует о отсутствии влаги в течение длительных засушливых периодов.

Все почвы имели 2 горизонта - А (гумусово-аккумулятивный слой) и Б (переходный слой). Пробные шпательные в нижних частях склонов, в целом, имели более глубокие профили, чем таковые расположенные выше.

Чрезмерный выпас домашнего скота в нижних частях горных склонов приводит к переносу почвы из юрховья в низину.

Макро-плоты были размещены на высоте от 2457 А до 2609 м над ур. м. Уровень влажности почвы в целом колебался в районе 25% без сильных изменений. рН почв равнялась 7 или немного выше: рН подпочвы обычно имеет несколько большие величины.

Вариация уровней общего углерода в горизонте А была небольшим. Исключение составили плоты 6 и 7, где были отмечены более высокие уровни общего углерода (9-10%).

Средние концентрации химических элементов в пробах почвы и листьев/хвое, отобранных в районе ГНПП "Кыргыз-Ата" (участок Кара-Кой), представлены в Табл. 1 и Рис.2.

As (мышьяк)

Среднее значение содержания мышьяка в пробах почв, отобранных на всех плотях, для горизонта А составило 18,1 0,4 мг/кг, для горизонта Б - 18,2 0,5 мг/кг ($t < 1,96$). Эти показатели превышают транслокационное ПДК в 9 раз, а средние мировые значения в 3 раза. Тем не менее, эти уровни не выше, чем предельные концентрации, отмечаемые в других регионах республики, например, для некоторых населенных пунктов. В связи с тем, что высокое содержание мышьяка обнаружено также в нижних слоях почвы, это означает, что данный элемент имеет природу от общих геологических субстратов, расположенных вокруг. Данный факт подтверждается также средним содержанием мышьяка в пробах листьев и хвои деревьев, отобранных на участке Кара-Кой, который равнялся 1,70 0,12 мг/кг, при ПДК в 2 мг/кг.

Cd (кадмий)

Средняя концентрация кадмия в пробах почвы для горизонта А составляла 0,7 0,03 мг/кг, для горизонта Б - 0,6 0,03 мг/кг ($t < 1,96$).

Сравнительно повышенные концентрации кадмия в почве определены для макро-плотов №7 (0,8 0,04 мг/кг) и 8 (0,7 0,03 мг/кг) относительно таковых других макро-плотов, однако достоверной разницы между ними не установлено ($t < 1,96$).

Происхождение кадмия также имеет природу от окружающих подстилающих пород.

Hg (ртуть) и *Sb* (сурьма)

Содержание ртути во всех пробах почв было ниже 0,5 мг/кг. Для сурьмы были установлены показатели менее 2,5 мг/кг также для обоих горизонтов. Невысокие показатели отмеченных выше элементов также зафиксированы в пробах растительных проб - $< 0,05$ мг/кг и $< 0,25$ мг/кг, соответственно.

Pb (свинец)

Среднее содержание свинца в пробах почв в горизонте А составило 24,3 0,8 мг/кг, для горизонта Б - 20,1 0,9 мг/кг ($p < 0,001$). Эти показатели были выше фоновых значений свинца в земной коре в 2,5-3 раза (8 мг/кг), а также таковых средних мировых показателей в 10 мг/кг, но меньше максимальной допустимой концентрации для сельской местности в 50 мг/кг и максимальной ПДК в 100 мг/кг. Особый интерес вызывает тот факт, что средняя концентрация свинца в А горизонтах почвы была в 1,2 раза выше, чем в Б, а по отдельным плотям в 3 раза. Таким образом, установленная аномалия должна стать сигналом для проведения более детальных исследований для выяснения природы высокого содержания свинца в верхних слоях почвы, чем в таковых нижних.

В листьях и хвое деревьев свинец не превышал транслокационную ПДК в 35 мг/кг и составил в среднем 4,29 0,45 мг/кг.

Sr (стронций)

Средние показатели стронция в почве участка Кара-Кой были значительно ниже таковых фоновых значений, установленных для земной коры и средних мировых цифр, и составили для горизонта А - 57,3 2,8 мг/кг и для Б - 87,0 7,2 ($p < 0,001$). При этом среднее значение для Б горизонтов были в 1,5 выше, чем для А. В пробах листьев и хвои деревьев усредненная концентрация стронция равнялась 66,14 6,28 мг/кг.

Zn (цинк)

Относительно высокие концентрации цинка установлены как для А горизонтов почвы (119,4 4,0 мг/кг), так и Б - 107,5 5,0 мг/кг ($t < 1,96$), при средних величинах цинка в земной коре в 80 мг/кг и мировых значениях в 50 мг/кг. Этот показатель также превышал ПДК (23 мг/кг) в 4-5 раз. Содержание данного элемента в пробах деревьев также превышало транслокационную ПДК в 1,3 раза (Рис. 2).

Cu (медь), *Ni* (никель), *Co* (кобальт)

Средняя концентрация меди в почве участка Кара-Кой составила 41,4 1,9 мг/кг и 39,8 2,3 мг/кг для А и Б горизонтов соответственно, при этом показатели были выше ПДК в 11 раз. Данный показатель для проб листьев и хвои деревьев составил 4,70 0,35 мг/кг, превысив ПДК в 1,3 раза. Содержание никеля также превысило установленную ПДК в 7 раз и составило 47,6 2,0 мг/кг и 48,0

2,4 мг/кг, соответственно для А и Б горизонтов. Уровень никеля в пробах листьев и хвои деревьев был в пределах ПДК - 6,16 1,05 мг/кг. Средние значения кобальта равнялись: в А горизонте 18,0 0,9 мг/кг и в Б - 17,8 1,0 мг/кг и были в пределах ПДК: эти показатели были несколько ниже такового значения для земной коры в 29 мг/кг и в 2 раза выше по сравнению со средней мировой величиной в 8 мг/кг. Для листьев и хвои содержание кобальта составило 0,30 0,04 мг/кг.

По фитотоксичности и способности накапливаться в растениях ТМ можно расположить в следующей очередности: Cd>Cu>Zn>Pb. При этом биоаккумуляционная способность растений к ТМ имеет определенную тенденцию, позволяющую упорядочить их в несколько групп: 1) Cd, Cs, Rb-элементы интенсивного поглощения; 2) Zn, Mo, Si, Pb, As, Co - средней степени поглощения; 3) Mn, Ni, Cr - слабого поглощения и 4) Se, Fe, Ba, Te - элементы, труднодоступные растениям [33].

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве, листьях \ хвое деревьев, отобранных на мониторинговых площадках участка Кара-Кой

Местность ТМ, класс опасность	Земная кора ¹	ПДК ⁰	Средние мировые величины (Worldmean) ²	Макс. допуст. предел М.А.Л. (PI) ³	Усредненные концентрации ТМ в листьях/хвое	местность Кара- Кой	
						горизонт А (M±г)	горизонт Б (M±г)
мг/кг							
As -I	1	2	6		1,70±0,12	13,11-0,4	18,2±0,5
Cd -I	0,1	2	0,06	3	0,11±0,01	0,7±0,03	0,6±0,03
Hg -I	0.001-0.2	2,1		50	<0,05	<0,5	<0,5
Pb -I	8	35	10	100	4,29±0,45	24,3±0,8*	20,1±0,9*
Zn -I	80	23	50	300	28,44-6.04	119.4±4,0	107,5±5,0
Co -II	29	25	8	50	0,30±0,04	18,0±0,9	17,8±1,0
Ni - II	105	6,7	40	100	6,16±1,05	47,6±2,0	48,0±2,4
Cu -II	75		20	100	4,70±0,35	41,4±1,9	39,8±2,3
Mo -II	1				0,73±0,12	0,8±0,03	0,71±0,04
Cr -II	185		100	100	21,60±2,22	49,3±1,1	48,5±1,4
Sb -II		4,5			<0,25	<2,5	<2,5
Ba - III	250				25,15±4,52	187,2±3,8	174,6±4,6
Sr - III	260		300		66,14±6,28	57,3±2,8*	87,0±7,2*
V -III	230	170			0,78±0,10	56,2±1,6	57,9±1,8
Sc	30				0,08±0,01	4,7±0,1	4,8±0,2
Y	20				0,14±0,02	12,0±0,4	12,0±0,4
Zr	100				0,15±0,02	3,0±0,1	2,7±0,1
Be	1,5				0,014±0,002	1,3±0,1	1,3±0,1

Примечания: * Различия между средними показателями горизонтов А и Б почвы достоверны (p<0,001); Отранслокационное ПДК (http://www.gidrogel.ru/ecol/hv_met.htm); 1 Taylor&McLennan(1985); 2 Средние мировые концентрации элементов в незагрязненных почвах (Allaway, 1968); 3 http://eusoiils.jrc.it/esdb_archive/eusoiils_docs/esb_rr/n04J_and_information_systems/5_7.doc.

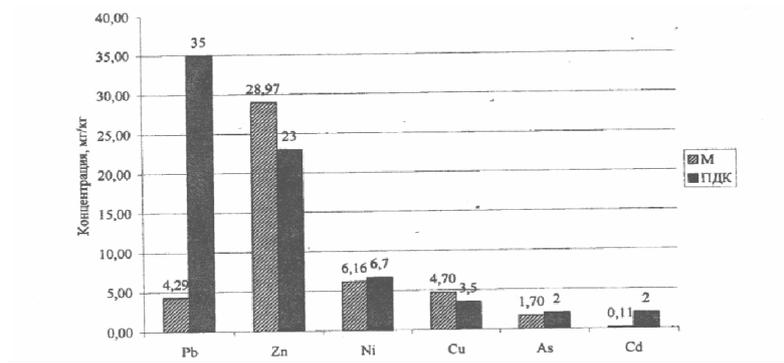


Рис. 2. Усредненные показатели содержания тяжелых металлов (М) в пробах листьев (хвои), отобранных на участке Кара-Кой (ГНПП "Кыргыз-Ата"), в сравнении с транслокационным ПДК ТМ в почве.

Согласно нашим расчетам, основанным на отношении транслокационной ПДК почвы к усредненной величине содержания ТМ в пробах листьев (хвои), элементы по степени накопления расположились в следующей очередности: $Co > Cd > Pb > As > Ni > Zn > Cu$.

На основе этих данных можно предположить, что определенная часть ТМ попадает в листву и хвою деревьев через воздушную среду. Однако для определения местного или внешнего происхождения элементов необходимо проведение изотопного анализа состава тяжелых металлов.

Сг (хром), V (ванадий), Sc (скандий), Y (иттрий), Zr (цирконий)

Средняя концентрация хрома для проб почвы, отобранных в районе ГНПП "Кыргыз-Ата", составила 49,3 1,1 мг/кг и 48,5 1,4 мг/кг, соответственно для А и Б горизонтов; для ванадия - 56,2 1,6 мг/кг и 57,9 1,8 мг/кг; для циркония - 3,0 0,1 мг/кг и 2,7 0,1 мг/кг; для скандия - 4,7 0,1 мг/кг и 4,8 0,2 мг/кг; для иттрия - 12,0 0,4 мг/кг для обоих горизонтов. При этом все установленные значения были значительно ниже соответствующих величин для земной коры (см. Табл. 1).

Ве (бериллий), Мо (молибден)

Средние величины бериллия и молибдена для почв участка Кара-Кой подтвердили таковые данные для земной коры и составили 1,3 0,1 мг/кг (Ве) и 0,8 0,03 мг/кг и 0,7 0,04 мг/кг (Мо) для А и Б горизонтов, соответственно.

Заключение

Превышение содержания тяжелых металлов в почве относительно ПДК установлено по мышьяку в 9 раз, по цинку в 1,3 раза, по никелю в 7 раз и по меди в 11 раз. В связи с тем, что средние уровни этих элементов одинаковы как для верхних, так и нижних слоев почвы ($t < 1,96$), можно предположить, что природа их происхождения для местности Кара-Кой имеет основу от подстилающих геологических пород и эти уровни являются фоновыми для данной территории. Тем не менее, такие концентрации ТМ могут держать физиологические адаптационные возможности растений на предельном уровне, и любые стрессовые факторы могут губительно сказаться на их жизнеспособности.

В пробах листьев и хвои деревьев установлено превышение транслокационной ПДК по меди и цинку в 1,3 раза; концентрации мышьяка и никеля находились в пределах ПДК.

Уровень свинца в пробах почв был в пределах нормы. Однако его содержание в верхних слоях было выше, чем в нижних: разница составляла от 1,1 до 3 раз. Данный факт может свидетельствовать о том, что определенная часть свинца попала в почву в результате антропогенных факторов воздействия.

На основе результатов химических анализов почвы и проб деревьев, а также учитывая повышенную антропогенную нагрузку, имеющую место в ГНПП "Кыргыз-Ата", данную территорию можно классифицировать как умеренно опасную с точки зрения загрязнения местности тяжелыми металлами.

Исследуемая местность по своей геологии представлена преимущественно породами известняковой природы, поэтому эффекты от кислотных осадков будут видимы по истечению длительного времени. В ближайшей перспективе изменение состава почвы, ее свойства будут связаны с текущими биогеохимическими циклами, уровнем интенсивности и культуры землепользования (выпас скота, лесопользование, сельское хозяйство), развитием растительных сообществ, влиянием экологических и климатических факторов.

Выражение признательности

Данная работа была выполнена в рамках проекта по мониторингу земной окружающей среды и лесов Центральной Азии (ТЕМР-СА) при финансовой поддержке МИД Норвегии. Участники проекта с ЦА благодарят своих коллег из Норвежского института леса и ландшафта, Норвежской лесной группы и Университета Осло за плодотворное сотрудничество, в том числе лично Проф. Одда Эйлертсена. Выражаем свою благодарность сотрудникам ГНПП "Кыргыз-Ата", ди-ректору парка г-ну С. Мурзакулову за помощь в организации полевых работ. Химические анализы проб почвы были выполнены в ОсОО "Алекс Стюарт энд Инвайронментал Лэборэторис": благодарности г-ну О.А. Садырову, г-ну В.К. Щудро, г-ну С.Б. Иманакуну. Работа была выполнена благодаря помощи сотрудников Госагентства по охране окружающей

среды и лесному хозяйству при Правительстве КР: г-на А.М. Бур-ханова, д-ра В.М. Сураппаевой и г-жи А.К. Мадиевой.

Литература:

1. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Клименко Г.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. - М.: Изд-во МГУ, 1989. 95 с.
2. Космынин А.В. Организация регулируемой пастбы скота в арчевой зоне на примере ГНГШ "Кыргыз-Ата" // Сб.: Лесоводственные и лесокультурные исследования в Кыргызстане. - Институт леса и ореховодства им. П. А. Гана. - 2006.- Вып. 19.- С. 60-74.
3. Ляпкало А.А., Гальченко С.В. Экологигиенические аспекты загрязнения почвы Рязани тяжелыми металлами // Гигиена и санитария. - 2005. - №1. - С. 8-11.
4. Мамытов А.М. Почвенные ресурсы и вопросы земельного кадастра Кыргызской Республики. - Бишкек: Кыргызстан, 1996.-240 с.
5. Неверова О.А. Биогеохимическая оценка городских почв (на примере Кемерово) // Гигиена и санитария. - 2004. - 2. - С. 18-21.
6. Allaway W.H. 1968. Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. *Advan. Agronomy* 29: 235-74.
7. ICP Forests 2006. *Ī. Crown condition assessments. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessments, monitoring and analysis of the effect of air pollution on forests. Part Ī. Visual assessment of crown condition*, http://www.icp-forests.org/N8f/Chap2_comp106.N8f.
8. ISO10390 1994. Soil quality - Determination of pH. International standard. 5pp.
9. ISO10694 1995. Soil quality - Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). International standard. 7pp.
10. ISO 11048 1995. Soil quality - Determination of water-soluble and acid-soluble sulphate. International standard. 18pp.
11. ISO1 1261 1995. Soil quality-Soil quality-Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method. International standard. 4pp.
12. ISO1 1465 1993. Soil quality- Determination of dry matter and water content on a mass basis - Gravimetric method. International standard. 3pp.
13. ISO13536 1995. Soil quality - Determination of the potential cation exchange capacity and exchangeable cations using barium chloride solution buffered at pH = 8.1. International standard. 7pp.
14. Krogstad T. 1992. Methods for soil analysis (In Norwegian). NLH report no. 6. Institutt for Jordfag, As-NLH, ISSN 0803-1304. 32pp.
15. LacatusuR. 1998. Appraising levels of soil contamination and pollution with heavy metals. In: Heineke H.J., Eckelmann W., Thomasson A. J., Jones R.J.A., Montanarella L., Buckley B. (Eds). *ESB Research Report no. 4: Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources.* EUR 17729 EN. 546pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. Pp. 393-402.
16. Lawesson J., Eilertsen O., Diekmann M., Reinikainen A., Gunnlaugsdottir E., Fosaa A.M. Carae, I., Skov, F. Groom G., Okland Ö., Okland R.H., Andersen P.N.,

- Bakkestuen V. 2000. A concept for vegetation studies and monitoring in the Nordic countries. In: *Tema Nord* 517:1-125.
17. Lucassen E.C.H.E.T., M.M.L. van Kempen, Roelofs J.G.M., G. van der Velde. Decline in metallophytes in tertiary polluted floodplain grasslands in the Netherlands: experimental evidence for metal and nutritional changes in soil as driver factors // *Chemistry and Ecology*. - 2010. - Vol. 26, 4. - P. 273-287.
18. Naturvardsverket 1997. *Bakgrundshalter i mark. Rapport 4640.* Stockholm.
19. Okland R.H., Eilertsen O.1993. Vegetation-environment relationships of boreal coniferous forests in the Solhomfjell area, Gjerstad, S Norway. *Sommerfeltia* 16:1-254.
20. Okland T. 1990. Vegetational and ecological monitoring of boreal forests in Norway. I. Rausjeimarka in Akershus county, SE Norway. *Sommerfeltia* 10:1-52.
21. Okland T. 1996. Vegetation-environment relationships of boreal spruce forest in ten monitoring reference areas in Norway. *Sommerfeltia* 22:1-349.
22. Oksanen J., Minchin P.R. 1997. Instability of ordination results under changes in input data order: explanations and remedies. *J. Veg. Sci.* 8: 447-454.
23. Olsen S.R. 1953. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture. Circular 939.
24. Olsen S.R., Sommers L.E. 1982. Phosphorus. In: Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties.* Agronomy Monograph no. 9 (2nd edition) ASA-SSSA, S. Segoe., Madison, WI53711, USA, pp.403-430.
25. Ryazantseva Z.A. 1965. The Climate of the KyrgyzSSR. - The Geography department of the Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic. Frunze, Ilim, 291 pp.
26. Tabatabai M.A. 1982. Sulfur. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney D.R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and microbiological proper-ties.* Agronomy Monograph no. 9 (2nd edition) ASA-SSSA, S. Segoe., Madison, WI 53711, USA., pp. 501-538.
27. Tabatabai M.A., Dick W.A. 1979. Ion chroma-tographic analysis of sulfate and nitrate in soils. In: Mulik J.D., Sawicki E. (Eds). *Ion Chromatographic Analysis of Environmental Pollutants*, Vol. 2. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Mich., pp. 361-370.
28. Taylor St. R., McLennan S.M. 1985. *The Continental" Crust: its Composition and Evolution.* Blackwell Scientific Publications (Oxford). Geoscience texts. 312pp.
29. Zinkova Z. A., Pushkareva M. I. 1987. *The Atlas of the Kyrgyz SSR. - Nature conditions and Resources* Main department of Geodesy and mapping under Ministry SSSR. Geography department of the Institution of the Geology by Adishev M.M. under Academy of the Sciences of the Kyrgyz Republic. Moscow, p. 157.
30. http://www.kgau.ru/distance/ebtf_01/mahlaev/geohi miya- bad/04_03.html.
31. <http://www.fundeh.org/files/publications/24/dankov. doc>.
32. <http://www.eawarn.ru/pub/AnnualReport/ArmualRe portWebHome2001/2001anrep05 .htm>.
33. <http://biogeochemistry.narod.u/ubugunov/monogra fi/1/1 .htm>.

Рецензент: к.м.н., доцент Борсокбаева С.С.