

Кулданбаев Н.К.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ МОЖЖЕВЕЛОВЫХ ЛЕСОВ ВБЛИЗИ
ГОРОДА АНГРЕН (Республика Узбекистан)

N.K. Kuldanbaev

HYGIENIC ASSESSMENT OF SOILS OF JUNIPER FORESTS NEAR ANGREN TOWN
(The Republic of Uzbekistan)

УДК: 614.77+614.778

В работе изучено содержание тяжелых металлов в почвах, отобранных в районе можжевельниковых лесов г. Ангрэн (Ташкентская область, Республика Узбекистан). Данный участок является частью системы мониторинга окружающей среды проекта TEMP-CA (2004-2010). Средние значения концентраций As, Zn, Ni, Cr, Pb и Cu в почве по A, B и C горизонтам превышали в 1,4-5 раза их транслокационные ПДК. На основе величины суммарного показателя загрязнения почвы заключено, что территория исследуемого участка может быть классифицирована как высоко опасная.

Ключевые слова: гигиеническая оценка территорий, ICP-Forests, почва, тяжелые металлы, транслокационное ПДК, суммарный показатель загрязнения почвы.

The content of heavy metals in soils sampled near juniper forests of Angren town was studied (Tashkent region, Uzbekistan). This site is part of the environmental monitoring system of the TEMP-CA project (2004-2010). The average values of As, Zn, Ni, Cr, Pb and Cu in A, B and C horizons of soils were in 1.4-5 times higher than their translocation MPC. Based on the value of the total index of soil contamination it was concluded that the studied area can be classified as highly dangerous.

Keywords: hygienic assessment of territories, ICP-Forests, soil, the total index of soil contamination, heavy metals.

Введение

Активная хозяйственная и промышленная деятельность человека на фоне природных и техногенных катаклизмов весьма негативно отражаются на состоянии окружающей среды. Сегодня многие заповедные территории потеряли свой первоначальный вид, большое их количество уже безвозвратно утеряно, а новые тем временем интенсивно осваиваются людьми. При этом с каждым днем самому человеку все труднее найти для обитания «здоровое» чистое место, сейчас даже особо охраняемые территории находятся под повышенной нагрузкой различных химических поллютантов, идущих через воздушную среду, атмосферные осадки и поверхностные воды [4, 9, 14, 16].

Согласно данным литературы [6, 16], по уровню опасности, скорости и объемам техногенного поступления сейчас одно из ведущих мест среди загрязнителей занимают тяжелые металлы (ТМ). Для городских зон и их пригородов основная масса загрязнителей идет через атмосферные выпадения, где концентрируются типичные элементы промышленных выбросов: W, Cd, Hg, Pb, Zn, Sn и др. В этой связи очень важно проводить систематический контроль объектов окружающей среды, и в первую очередь почвы, что позволяет выявлять изменения ее качества, устанавливать возможное увеличение уровней загрязнителей, в т.ч. в результате неправильного землепользования. Это также дает возможность фермерам и управленцам на основе научных знаний использовать рекомендации по устойчивому управлению природными ресурсами и восстановлению плодородия почв [9, 16].

Цель: гигиеническая оценка рекреационной зоны Лашкерек в районе г. Ангрэн на основе изучения содержания ТМ в почве. Город Ангрэн является одним из индустриальных центров Узбекистана с развитой горнодобывающей, металлургической, химической и топливно-энергетической промышленностью.

Можжевельниковые леса в районе с. Лашкерек являются рекреационной зоной, а также используется местным населением для различной хозяйственно-бытовой деятельности: выращивание сельхозпродуктов, выпас скота, сбор продуктов леса и др.

Материалы и методы

Географическое расположение местности

Мониторинговый участок в районе села Лашкерек был установлен в рамках проекта TEMP-CA в 2009 г. в 20-25 км юго-восточнее г. Ангрэн на северном макро-склоне Кураминского горного хребта Тянь-Шанской горной системы (см. Рис. 1). Данный район относится к Ташкентской области Республики Узбекистан (РУ) и является частью Угам-Чаткальского Национального Природного Парка (УЧНПП), который граничит с Беш-Аральским природным заповедником КР.

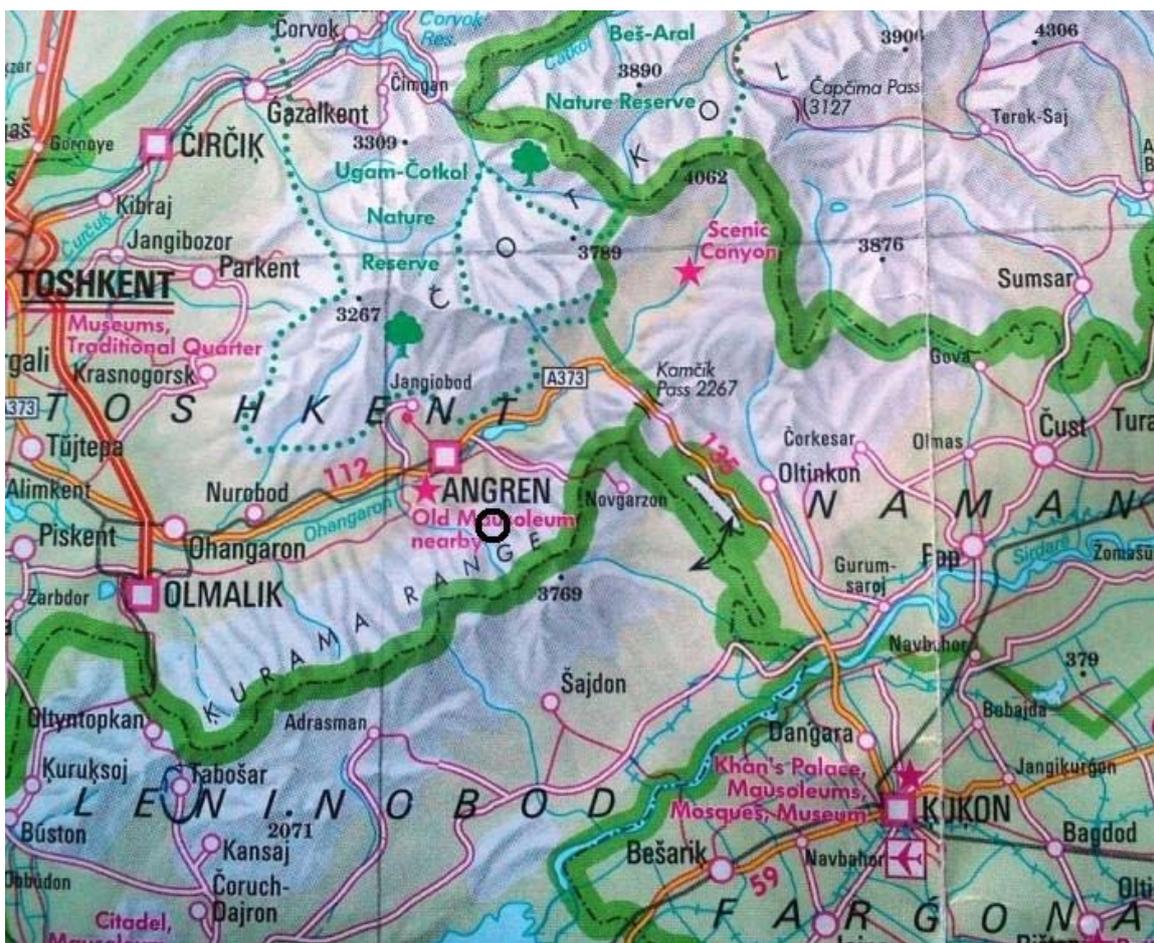


Рис. 1. Мониторинговый участок Лашкерек установлен в 20-25 км юго-восточнее г. Ангрен на северном макро-склоне Кураминского хребта (Источник карты: Nelles Map, 2005).

Таблица 1

Установка мониторинговых площадок и отбор проб почв

Мониторинговые площадки устанавливались по стандартной методике, которая была разработана по программе ICP-Forests в 1985 г. под эгидой Конвенции по трансграничному загрязнению воздуха на большие расстояния ЕЭК ООН [13]. Пробы почв отбирались согласно вышеуказанной методике в июне 2009 г., всего было отобрано 85 проб из 3 горизонтов почвы: 36 проб из А горизонта, 14 проб из В горизонта и 35 проб из С горизонта. Погода в день отбора была сухая и солнечная.

Химический анализ почвы

Химический анализ проб почв проводился в Центральной лаборатории Государственного Комитета по Геологии РУ и в Научно-исследовательском институте почвенных наук РУ (г. Ташкент) с помощью атомно-эмиссионной спектрометрии по стандартным методам [11, 12]. Проведен анализ тяжелых металлов I, II и III классов опасности по степени воздействия на организм человека согласно ГОСТу 12.1.007-76 «Классификация и общие требования безопасности» (табл. 1).

Классификация тяжелых металлов по степени опасности воздействия

Класс опасности	Степень опасности	Тяжелые металлы
I	чрезвычайно опасные вещества	Hg
II	высокоопасные вещества	Pb, Sb, As, Cd, Co, Sr
III	умеренно опасные вещества	Ba, Cu, Ni, Cr, Zn

Гигиеническая оценка почв

Для гигиенической оценки почв использовали транслокационный показатель вредности, который является важным индикатором при обосновании ПДК тяжелых металлов в почве [2, 3]. Это обусловлено тем, что, во-первых, с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает в среднем 70% вредных химических веществ. Во-вторых, уровень транслокации определяет уровень накопления токсикантов в продуктах питания и влияет на их качество.

Существующая разница допустимых уровней токсикантов по различным показателям вредности и основные положения дифференциальной оценки степени опасности загрязненных почв позволяют дать рекомендации по практическому использованию загрязненных территорий [2, 3].

Оценку уровней химического загрязнения почв, как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводили по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды [2, 3]. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества (K_c), который определяется отношением его реального содержания в почве (C) к фоновому (C_f):

$$K_c = C/C_f; \quad (1)$$

и суммарный показатель загрязнения (Z_c), который равен сумме K_c химических элементов и выражается следующей формулой:

$$Z_c = \sum_{j=1}^n K_c; \quad (2)$$

где n - число суммируемых элементов.

Результаты и обсуждение

В табл. 2 представлены результаты химических анализов проб почв на тяжелые металлы, отобранных в районе села Лашкерек.

Свинец. Фоновое содержание Pb в земной коре для региона Средней Азии составляет 20 мг/кг, транслокационное ПДК - 35 мг/кг [1, 3]. Результаты наших анализов показали, что среднее содержание Pb в образцах почв превышает фоновый уровень в 1,4-1,8 раз, и составляют 65,4±5,9 мг/кг, 64,5±16,0 мг/кг и 49,6±8,5, соответственно, для А, В и С горизонтов. При этом максимальная концентрация Pb в почве составила 249 мг/кг: эта величина подтверждает данные узбекских исследователей, которые установили высокое содержание данного элемента в пробах почв, отобранных в районе г. Ангрэн (от 350 мг/кг до 500 мг/кг) [4].

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в пробах почв, отобранных на территории можжевеловых лесов участка Лашкерек в 20-25 км от г. Ангрэн (Ташкентская обл., Ахангаранский район, Республика Узбекистан)

Элементы С, мг/кг	Pb	Cd	Cu	Cr	As	Zn	Ni	Co	Hg
С _А (n=36)	65,4±5,9	0,9±0,3	18,3±0,7	8,7±0,6	4,1±0,6	92,3±8,4	17,8±0,8	10,3±1,8	1,5±0,3
С _В (n=14)	64,5±16,0	0,3±0,1	16,6±2,3	4,4±0,3	3,0±0,3	22,2±21,1	8,6±0,8	9,2±1,4	1,2±0,6
С _С (n=35)	49,6±8,5	0,5±0,1	11,5±2,0	4,4±0,8	3,6±0,6	100,2±17,3	15,3±2,6	8,2±1,4	1,6±0,3
ПДК ¹ (транс.)	35	2	3,5	6,0	2	23	6,7	25	2,1
ПДУ ²	100	3	100	100	20	300	50	50	2
С _ф ^{3,4}	20 ⁴	0,2 ³	19 ⁴	31 ⁴	1,8 ³	69 ⁴	16 ⁴	25 ³	0,08 ³
$K_c = C/C_f$	3,2	1,5	0,9	0,14	1,7	13,6	0,1	0,4	15
$Z_c = \sum K_c^5$	36,5 –высоко опасная								
max	249	12,3	33	26,3	23	430	30,7	65	5
P между А и С	P<95%	P<95%	P>95%	P>99%	P<95%	P<95%	P<95%	P<95%	P<95%

Примечания:

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Текст]. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. - 15 с.
2. Kloke, A. (1980). Contents of As, Cd, Cr, Pb, Hg and Ni in Plants Grown on Contaminated Soil. *Papers Presented to the Symposium on the Effects of Air-born Pollution on Vegetation*, Bd. 109, H. 81, 192.
3. Taylor, S.R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 28(8), 1273-1285.
4. Беспамятнов, Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде [Текст] / Г. П. Беспамятнов, Ю. А. Кротов. - Л. : Химия, 1985. - 528 с.
5. Инструктивное письмо "О выполнении работ по определению загрязнения почв" №02-10/51-2333 от 10.12.1990 [Текст]. - М. : Госкомприрода СССР, 1990. - 11 с.

Кадмий. Среднее содержание Cd в почвах составило: $0,9 \pm 0,3$ мг/кг, $0,3 \pm 0,1$ мг/кг, $0,5 \pm 0,1$ мг/кг, соответственно, для А, В и С горизонтов. Элемент Cd относится ко 2 классу опасности, его ПДК в почве составляет 2 мг/кг [3], а региональный фон – 0,2 мг/кг [14]. По нашим результатам во всех образцах почв содержание Cd превысило его кларк в 1,5-4,5 раза.

Медь. В почвах Средней Азии содержание Cu составляет в среднем 19 мг/кг [1], транслокационное ПДК для меди равняется 3,5 мг/кг [3]. Анализ сероземов участка Лашкерек установил, что валовое содержание Cu в образцах почв составляет $18,3 \pm 0,7$ мг/кг, $16,6 \pm 2,3$ мг/кг и $11,5 \pm 2,0$ для А, В и С горизонтов, соответственно, что выше уровня ПДК в 3-5 раз. Особый интерес вызывает тот факт, что средняя концентрация меди А горизонта почв превышает таковую С горизонта в 1,6 раза ($p > 95\%$). Полученный результат позволяет предположить, что высокие уровни меди в верхних слоях почвы участка Лашкерек обусловлены загрязнениями, поступающими из близлежащих промышленных объектов через воздушную среду.

Хром. Региональный кларк данного элемента составляет 31 мг/кг [1], транслокационное ПДК в почве – 6 мг/кг [3]. Анализ проб почв участка Лашкерек установил, что среднее содержание хрома в трех горизонтах почв было, соответственно: $8,7 \pm 0,6$ мг/кг (А), $4,4 \pm 0,3$ мг/кг (В) и $4,4 \pm 0,8$ мг/кг (С). При этом его концентрация в А горизонте была примерно в 2 раза больше, чем в С горизонте ($P > 99\%$), что также может свидетельствовать об антропогенной природе части хрома в почве местности Лашкерек.

Мышьяк. Средняя концентрация As в пробах почв изучаемого участка составила, соответственно, $4,1 \pm 0,6$ мг/кг (А), $3,0 \pm 0,3$ мг/кг (В) и $3,6 \pm 0,6$ мг/кг (С): превышение транслокационной ПДК, а также регионального кларка составило 1,5-2 раза.

Цинк. Среднее содержание Zn в почвах Средней Азии согласно Г. П. Беспятову и соавт. (1985) равняется 69 мг/кг, а транслокационное ПДК, согласно гигиеническим нормативам – 23 мг/кг [3]. Анализ данных, полученных в результате проведенных лабораторных исследования отобранных образцов почв участка Лашкерек, свидетельствует, что содержание Zn по всем горизонтам почв превышают ПДК от 4 до 5 раз: $92,3 \pm 8,4$ мг/кг (А), $122,2 \pm 21,1$ мг/кг (В) и $100,2 \pm 17,3$ мг/кг (С). Эти цифры больше регионального фона цинка в 1,3-1,8 раза, при этом максимальная величина данного элемента для местности Лашкерек составила 430 мг/кг, превысив тем самым ПДК в 18 раз.

Никель. Региональный кларк для никеля составляет 16 мг/кг [1], транслокационное ПДК – 6,7 мг/кг [3], элемент относится к 3 классу опасности. Средние концентрации никеля в пробах почв исследуемого участка составили: $17,8 \pm 0,8$ мг/кг для А горизонта, $8,6 \pm 0,8$ мг/кг для В горизонта и

$15,3 \pm 2,6$ мг/кг для С горизонта, которые превысили установленное ПДК в 1,3-2,6 раз. При этом достоверной разницы между средними величинами верхнего и нижнего слоев почвы установлено не было.

Кобальт, ртуть. Содержание Co и Hg в почвах участка Лашкерек находились в пределах их установленных ПДК. Однако валовое значение ртути по всем трем горизонтам превысило региональный кларк в 15-20 раз: $1,5 \pm 0,3$ мг/кг (А), $1,2 \pm 0,6$ мг/кг (В) и $1,6 \pm 0,3$ мг/кг (С) против 0,08 мг/кг.

Таким образом, коэффициент суммарного показателя загрязнения рассмотренных элементов для участка Лашкерек составил 36,5 отн. ед.: наибольший вклад в данную сумму внес коэффициент ртути – 15 отн. ед. Согласно гигиеническим нормативам [3], величина суммарного показателя загрязнения в 36,5 отн. ед. позволяет классифицировать территорию участка Лашкерек как *высоко опасная*.

Результаты наших исследований, свидетельствующие об экологическом неблагополучии Алмалык-Ангренского промышленного района, подтверждаются выводами узбекских ученых [4, 7]. В работе Б. М. Холматжанова (2010) выполнен анализ ветрового режима и рассеивания загрязняющих веществ в Ахангаранской долине с учетом вертикального строения воздушного потока. Согласно автору, в долине преобладают два типа воздушных потоков: 1) фёновый сток в холодное полугодие (ночной горный сток воздуха); 2) горно-долинная циркуляция воздуха в теплое полугодие. Активная циркуляция воздушных потоков в долине, в которых содержатся большие концентрации загрязняющих веществ, способствует загрязнению окружающей среды региона [7]. По данным Б. М. Холматжанова (2010), в атмосферу Ахангаранской долины в день выбрасывается до 2000 т различных поллютантов, которые далее оседают по ходу течения воздушных потоков на прилегающей территории [7].

Таким образом, результаты наших исследований позволяют сделать следующие выводы:

5) наибольший вклад в загрязнение почв участка Лашкерек вносят свинец, мышьяк, цинк, медь, никель, хром и ртуть, при этом средние значения концентраций данных элементов, за исключением ртути, превышают их установленные ПДК в 1,4-5 раза;

6) содержание меди и хрома в верхних слоях почв в 1,6-2 больше, чем в нижних слоях, что свидетельствует об антропогенной природе части этих элементов в почве изучаемой местности;

7) суммарный показатель загрязнения почв тяжелыми металлами местности Лашкерек составляет 36,5 отн. ед., что позволяет классифицировать данную территорию как *высоко опасную*.

Согласно гигиеническим нормативам [3, 5], почва, подпадающая под классификацию как *высоко опасная*, может быть использована под выращивание только технических культур. Растения, произрастающие на таких почвах, должны тщательно анали-

зироваться на содержание токсикантов, при этом особое внимание должно быть уделено растениям-концентраторам. Выпас домашних животных на таких территориях должно быть ограничено. Дополнительно, поверхностные и подземные воды, расположенные вблизи таких почв, также должны анализироваться на содержание загрязняющих веществ. Для улучшения качества почв необходимо проведение мероприятий по снижению доступности ТМ для растений, таких как: внесение органических удобрений, гипсование и т.п.

В заключении следует отметить, что оценка состояния окружающей среды в Центральной Азии (ЦА) имеет особую значимость, так как местные горные экосистемы с ее многочисленными ледниками, реками, озерами и немногочисленными лесами, очень чувствительны и уязвимы к воздействиям различных загрязнителей. Высокогорные леса ЦА играют важную экологическую роль в регионе: аккумуляция и сохранение влаги, регуляция водного режима, образование и сохранение ледников, защита от оползней, лавин и эрозии почвы, сохранение биоразнообразия и т.д.

Благодарность

Исследования выполнены при финансовой помощи МИД Норвегии в рамках проекта TEMP-SA (2004-2010). Автор благодарит всех участников полевых работ: сотрудников Общественного фонда «Реласкоп» (г. Бишкек): Ф.С. Асанова, д-ра К.С. Касиева, Н.И. Касымбаева, д-ра Т.Н. Сыдыкбаева, д-ра А.К. Усуббаева; сотрудников Норвежского института леса и ландшафта (г. Осло, Норвегия): проф. Одда Эйлертсена, д-ра Тоню Окланд, д-ра Арнольда Арнолдуссена, проф. факультета химии Университета Осло Рольфа Фогта. Автор также выражает глубокую признательность сотрудникам Ахангаранского лесного хозяйства УЧНПП (г. Ангрэн, Узбекистан) за всестороннюю помощь при организации полевых работ и лично директору лесхоза, Гайрату Аминовичу Мухаммедову.

Литература

1. Беспаятнов, Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде [Текст] / Г. П. Беспаятнов, Ю. А. Кротов. - Л.: Химия, 1985. - 528 с.
2. ГОСТ 12.1.007-76. Классификация и общие требования безопасности [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2007. - 7 с.
3. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Текст]. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. - 15 с.
4. Зайнутдинова, Д., Мурзаханов, Р. Основные проблемы экологии в Узбекистане и приоритеты экологической политики [Текст] / Д. Зайнутдинова, Р. Мурзаханов // Экологическая безопасность и гражданская инициатива. - 2003. - №1. - С. 3-14.
5. Инструктивное письмо "О выполнении работ по определению загрязнения почв" №02-10/51-2333 от 10.12.1990 [Текст]. - М.: Госкомприрода СССР, 1990. - 11 с.
6. Логинов, В. Ф. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2006 г. [Текст] / В. Ф. Логинов. - Минск: Минсктиппроект, 2007. - 366 с.
7. Холматжанов, Б. М. Моделирование переноса загрязняющих веществ в пограничном слое атмосферы (на примере Ахангаранской долины с учетом мезо-эффектов) [Текст]: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09 / Б. М. Холматжанов. - Ташкент, 2010. - 24 с.
8. Центральная Азия. [Карты]: [физическая карта] / сост. и подгот. к изд. «Nelles. Verlag GmGH» в 2005 г. - 1: 1 750 000, 17,5 км в 1 см. - München: // Nelles Map, 2005. - 2 к.: цв.; 90x50 см.
9. Brunetti, G., Farrag, K., Soler-Rovira, P. et al. (2012). Heavy metals accumulation and distribution in durum wheat and barley grown in contaminated soils under Mediterranean field conditions. *Journal of Plant Interactions*, 7(2), 160-174.
10. Kloke, A. (1980). Contents of As, Cd, Cr, Pb, Hg and Ni in Plants Grown on Contaminated Soil. *Papers Presented to the Symposium on the Effects of Air-borne Pollution on Vegetation*, Bd. 109, N. 81, 192.
11. Krogstad, T. (1992). Methods for soil analysis (In Norwegian). *NLH report №6. Institutt for Jordfag, Ås-NLH*, ISSN 0803-1304. 32 pp.
12. Lacatusu, R. (1998). Appraising levels of soil contamination and pollution with heavy metals. In: Heineke, H. J., Eckelmann, W., Thomasson, A. J. et al. (Eds). *ESB Research Report №4: Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources*. EUR 17729 EN. 546 pp. *Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg*, 393-402.
13. Økland, T. (1996). Vegetation-environment relationships of boreal spruce forests in ten monitoring reference areas in Norway. *Sommerfeltia*, 22, 1-349.
14. Reis, A. P., Patinha, C., da Silva, E. F. et al. (2010). Assessment of human exposure to environmental heavy metals in soils and bryophytes of the central region of Portugal. *International Journal of Environmental Health Research*, 20(2), 87-113.
15. Taylor, S. R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28(8), 1273-1285.
16. Van, T. K., Kang, Y., Fukui, T. et al. (2006). Arsenic and heavy metal accumulation by *Athyrium yokoscense* from contaminated soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52(6), 701-710.

Рецензент: к.м.н. Тен Е.Е.