DOI: 10.17117/na.2016.04.03.434

Поступила (Received): 21.04.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.04.03.434.pdf>

**Халиков И.С., Лукьянова Н.Н., Макаренко А.А.
Загрязнение почв полиаренами по результатам
рекогносцировочного обследования Бурятии в 2014 году**

**Khalikov I.S., Lukyanova N.N., Makarenko A.A.
Soil contamination with polyarenes based on the results
of reconnaissance studies of Buryatia in 2014**

В сообщении представлены результаты обследования почв на территории республики Бурятия во время экспедиции в сентябре 2014 года. Результаты обследования указывают на значительную антропогенную нагрузку комплекса предприятий и автотранспорта на территорию г. Улан-Удэ. Наблюдаются умеренные и средние корреляции накопления ПАУ в почвах с содержанием металлов Pb, Cu, Zn, Cd, Hg
Ключевые слова: Бурятия, Улан-Удэ, почва, ПАУ, ВЭЖХ

Халиков Ильдус Салихович

Кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник
Научно-производственное объединение «Тайфун»
г. Обнинск, ул. Победы, 4

Лукьянова Наталья Николаевна

Кандидат химических наук, заведующая лабораторией
Научно-производственное объединение «Тайфун»
г. Обнинск, ул. Победы, 4

Макаренко Анатолий Александрович

Ведущий инженер
Научно-производственное объединение «Тайфун»
г. Обнинск, ул. Победы, 4

The report contains the results of determining soil contamination in the territory of Republic of Buryatia during the expedition in September 2014. The results of the studies indicate that there is a significant anthropogenic loading from the industrial and traffic complexes onto the territory of the city of Ulan-Ude. Moderate and mean correlations of PAH accumulation in the soils containing Pb, Cu, Zn, Hg were found
Key words: Buryatia, Ulan-Ude, soil, PAH, HPLC

Khalikov Ildus Salikhovich

Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher
Research and production association "Typhoon"
Obninsk, Pobedy st., 4

Lukyanova Natalia Nikolaevna

Candidate of Chemical Sciences, Head of Laboratory
Research and production association "Typhoon"
Obninsk, Pobedy st., 4

Makarenko Anatoly Aleksandrovich

Principal Engineer
Research and production association "Typhoon"
Obninsk, Pobedy st., 4

Государственный мониторинг экологической системы озера Байкал включает мониторинг состояния почв Байкальской природной территории (БПТ). В рамках модернизации государственной наблюдательной сети Росгидромета на БПТ предполагается мониторинг почв в пунктах наблюдений, расположенных на территории Бурятии. Источниками загрязнения почв БПТ являются

атмосферные выпадения, обусловленные выбросами промышленных предприятий, автотранспорта и другой хозяйственной деятельности.

Полиарены или полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются приоритетными загрязнителями объектов природной среды, в том числе и почвы в разных странах. Бенз(а)пирен (ПДК в почве 20 мкг/кг) подлежит обязательному контролю.

На основании анализа экологической обстановки районов Бурятии, характеризующихся различными уровнями загрязнения, в качестве объекта обследования были выбраны почвы территорий г. Улан-Удэ и п. Селенгинска. На территории Улан-Удэнского промышленного узла размещены заводы (авиационный, локомотиворемонтный (ЛВРЗ), приборостроительный и др.), предприятия энергетики (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2), комбинаты и фабрики пищевой, легкой, деревообрабатывающей промышленности, мелкие мебельные производства, нефтебазы и многочисленные АЗС. В посёлке городского типа Селенгинск основной вклад в выбросы загрязняющих веществ вносит Селенгинский целлюлозно-картонный комбинат (СЦКК), завод железобетонных изделий, предприятия лесной, пищевой промышленности и теплового комплекса.

Целью настоящей работы являлось выявление пространственных закономерностей распределения ПАУ в почве промышленно-урбанизированных территорий г. Улан-Удэ и п. Селенгинск для совершенствования мониторинга БПТ.

Материалы и методы исследования. Для получения фактических данных о состоянии и загрязнении почв БПТ в период с 14 по 22 сентября 2014 г. была проведена экспедиция ФГБУ «НПО «Тайфун» в республику Бурятия. При отборе проб руководствовались ГОСТ Р 53123-2008, ГОСТ 17.4.3.01, ГОСТ 17.4.4.02, РД 52.18.718.

Пункты отбора в соответствии с поставленными задачами выбирали в зонах потенциального загрязнения предприятиями промышленности и энергетического комплекса и фоновых участках на пойме р. Селенга. Пункты наблюдений старались располагать на ненарушенных почвах. Пробы почв отбирались с приповерхностного слоя до глубины 10 см (общее количество-37). Карта-схема расположения площадок отбора приведена на рисунке 1.

Рис. 1. Карта-схема расположения площадок отбора проб почвы

Для классификации почв и оценки их состояния проводилось определение гранулометрического состава, удельной электрической проводимости, водородного показателя (pH), органического и неорганического углерода, сульфатов, нефтепродуктов, тяжелых металлов (ТМ), мышьяка и ртути.

Определение Zn, Ni, Cr, Cu, Pb, Co, Cd, V, As и Hg проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии в пламенном режиме и режиме электротермической атомизации на спектрофотометрах Varian AA 140 и Shimadzu A 7000.

Для идентификации и количественного определения ПАУ использовали метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с флуориметрическим детектированием на хроматографе «LC-20 Prominence» (Shimadzu) [1].

Результаты и обсуждение. В 37 пробах почвы обследуемых районов были идентифицированы и количественно определены в порядке выхода на хроматограммах следующие индивидуальные ПАУ в нг/г (в скобках среднее содержание) – флуорен от 0,1 до 16,7 (3,7); фенантрен от 1,0 до 207,0 (25,3); антрацен от 0,05 до 29,2 (3,1); флуорантен от 1,1 до 760,9 (76,5); пирен от 1,0 до 630,0 (60,0); бенз(а)антрацен от 0,7 до 493,8 (43,0); хризен от 0,6 до 432,2 (42,5); бенз(е)пирен от 0,6 до 841,5 (82,4); бенз(б)флуорантен от 0,4 до 500,2 (49,1); бенз(к)флуорантен от 0,3 до 237,1 (22,3); бенз(а)пирен от 0,4 до 421,8 (37,6); дибенз(а,h)антрацен от 0,1 до 38,6 (4,3); дибенз(а,l)пирен от менее 0,05 до 28,0 (2,3); бенз(g,h,i)перилен от 0,3 до 237,4 (24,4); инден[1,2,3-с,d]пирен от 0,3 до 269,0 (24,6); дибенз(а,e)пирен от 0,1 до 222,4 (20,0); антантрен от менее 0,05 до 44,3 (3,1) и коронен от 0,05 до 70,5 (7,2). Суммарная концентрация 18 ПАУ в работе представлена как сумма этих полиаренов (от 3 до 7 конденсированных колец) и составляла от 16,0 до 5462,2 (531,7). Выявлена очень сильная прямая корреляция ($r=0,995$; $n=37$) между содержанием бенз(а)пирена и суммы ПАУ в обследуемых почвах.

Максимальные концентрации бенз(а)пирена (421,8 нг/г) и других индивидуальных ПАУ наблюдались в пробе UUS-06 (г. Улан-Удэ, пустырь в районе ТЭЦ-1 на улице Тракторная). Результаты по среднему содержанию бенз(а)пирена и суммы 18 ПАУ, а также интервалам их значений в почвенных образцах приведены в таблице 1.

Среднее содержание бенз(а)пирена и суммы ПАУ в почвах г. Улан-Удэ, включая и почвы фоновых участков города, было примерно в 3 раза выше по сравнению с почвами п. Селенгинск и более чем на порядок по сравнению с почвами поймы р. Селенга.

Таблица 1. Среднее содержание бенз(а)пирена и суммы 18 ПАУ в почве БПТ, нг/г (2014 г.)

Район отбора, количество проб	Средняя концентрация бенз(а)пирена, интервал, нг/г	Средняя концентрация суммы 18 ПАУ, интервал, нг/г
г. Улан-Удэ (n=25)	52,0 (0,6-421,8)	734,0 (16,9-5462,2)
п. Селенгинск (n=4)	17,4 (2,1-48,4)	237,9 (26,3-648,9)
Пойма р. Селенга (n=8)	3,0 (0,4-13,0)	46,1 (16,0-160,5)

В 40% отобранных проб почвы г. Улан-Удэ превышены допустимые нормы (ПДК для бенз(а)пирена 20 мкг/кг). Пробы с повышенным содержанием ПАУ (от 3 до 21 ПДК) находились рядом с ТЭЦ-1, а также в скверах и парках центра города (от 1,5 до 6,5 ПДК). Результаты свидетельствуют о зависимости загрязнения ПАУ почвы от влияния промышленных предприятий, в особенности главного источника загрязнения ТЭЦ-1, и интенсивности движения автотранспорта. Следует отметить, что в одной из проб почвы п. Селенгинска (UUS-025) наблюдалось 2,5 ПДК бенз(а)пирена.

Для создания более полной и объективной картины загрязнения содержание бенз(а)пирена и суммы ПАУ сопоставлялось с концентрациями ТМ, которые традиционно являются показателями загрязнения техногенных территорий. В пробах почв ($n=37$) обследуемых районов наблюдались очень слабые корреляции ($r<0,2$) между содержанием бенз(а)пирена и следующих металлов – As, V, Co, Ni и Cr. Тенденции накопления и распределения бенз(а)пирена в почвах совпадают с закономерностями накопления валовых форм Pb, Cu, Zn, Cd, Hg и характеризуются умеренными и средними коэффициентами корреляции ($r=0,60; 0,59; 0,55; 0,40; 0,34$ соответственно). Для других высокомолекулярных ПАУ и их суммы коэффициенты корреляции были близки к бенз(а)пирену.

Анализ происхождения ПАУ представляет довольно сложную задачу. В основном этот анализ сводится к идентификации источников загрязнения пиролитической или петрогенной природы. Для анализа использовали общий

профиль и диагностические отношения индивидуальных ПАУ, таких как отношение антрацена к сумме антрацена и фенантрена, отношение флуорантена к сумме флуорантена и пирена, отношение бенз(а)антрацена к сумме бенз(а)антрацена и хризена, отношение инден[1,2,3-с,d]пирена к сумме инден[1,2,3-с,d]пирена и бенз(g,h,i)перилена, отношение бенз(а)пирена к сумме бенз(а)пирена и хризена, отношение бенз(а)пирена к бенз(g,h,i)перилену и отношение бенз(а)пирена к коронену. Изучение распределения диагностических отношений незамещенных ПАУ указывает на вклад пиролитических источников для большей части проб обследованных районов.

Выводы и рекомендации: В соответствии с проектом государственного экологического мониторинга оз. Байкал и БПТ в сентябре 2014 г. проведено рекогносцировочное экспедиционное обследование почв на территории республики Бурятия. Осуществлён количественный анализ ПАУ в почвах (37 проб) методом ВЭЖХ.

По содержанию ПАУ почвы поймы р. Селенга характеризуются как «мало-загрязнённые». Наибольшее загрязнение ПАУ (до 21 ПДК по бенз(а)пирену) почв приурочено к району расположения ТЭЦ-1 и к центру г. Улан-Удэ, включая парки, скверы и детские площадки. Наблюдались локально загрязнённые ПАУ и бенз(а)пиреном (до 2,5 ПДК) участки в п. Селенгинск. Результаты обследования указывают на значительную антропогенную нагрузку комплекса предприятий и автотранспорта на территорию г. Улан-Удэ.

Наблюдаются умеренные и средние корреляции накопления ПАУ в почвах с металлами Pb, Cu, Zn, Cd, Hg.

Для оценки границ зоны загрязнения ПАУ почв в г. Улан-Удэ и п. Селенгинск и получения объективной информации требуется отбор проб на большей территории. Необходимо проведение регулярных наблюдений за оценкой изменений ПАУ, происходящих как в почвах, так и в сопредельных средах.

Список используемых источников:

1. Халиков И.С. Содержание ПАУ в донных отложениях озера Байкал в районе Селенгинского мелководья // Научный Альманах. 2016. N 1-2(15). С. 447-451.

© 2016, Халиков И.С., Лукьянова Н.Н., Макаренко А.А.
Загрязнение почв полиаренами по результатам
рекогносцировочного обследования Бурятии в 2014
году

© 2016, Khalikov I.S., Lukyanova N.N.,
Makarenko A.A.
Soil contamination with polyarenes based on the
results of reconnaissance studies of Buryatia in
2014