

- Journal of Food, Agriculture & Environment. – 2006. – Vol. 4(1). – P. 253 – 259.
9. Sawidis T., Breuste J., Mitrovic M., Pavlovic P., Tsigaridas K. Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities // Environmental Pollution. – 2011. – Vol. 159(12). – P. 3560 – 70.
10. Speak A.F., Rothwell J.J., Lindley S.J., Smith C.L. Urban particulate pollution reduction by four species of green roof vegetation in a UK city // Atmospheric Environment. – 2012. – Vol. 61. – P. 283 – 293.
11. Tasić M., Rajšić S., Tomašević M., Mijić Z., Ančić M., Novaković V., Marković D.M., Markovč D.A., Lazić L., Radenković M., Joksić J. Assessment of Air Quality in an Urban Area of Belgrade, Serbia // Environmental Technologies, New Developments. – 2008. – P. 209 – 244.
12. Tomašević M., Rajšić S., Đorđević D., Tasić M., Krstić J., Novaković V. Heavy metals accumulation in tree leaves from urban areas // Environmental Chemistry Letters. – 2004. – Vol. 2(3). – P.151 – 154.
13. Tomašević M., Aničić M. Trace element content in urban tree leaves and sem-edax characterization of deposited particles // Facta universitatis - series Physics Chemistry and Technology. – 2010. – Vol. 8(1). – P. 1 – 13.
14. Wang H., Shi H., Li Y. Leaf Dust Capturing Capacity of Urban Greening Plant Species in Relation to Leaf Micromorphology // Water Resource and Environmental Protection. – 2011. – P. 2198 – 2201.
15. Wang L., Gong H., Liao W., Wang Z. Accumulation of particles on the surface of leaves during leaf expansion // Science of the Total Environment. – 2015. – P. 420 – 434.
16. Youssef N. A., Gurbanov E. M., Hacıyeva S. R., Mammedova A., Khalilov R. I. Antioxidant enzymes, fluctuating asymmetry and morphological changes of urban trees as an ecological indicators of heavy metal stress // International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care. – 2013. – Vol. 3(1). – P.1 – 18.

СПЕЦИФИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ РЯСКОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Ю. Максимова

Научный руководитель профессор, Н.В. Барановская

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

На сегодняшний день биогеохимические исследования являются наиболее оптимальным и объективным способом оценки эколого-геохимического состояния территории и степени ее трансформации в результате техногенеза. Большая проблема заключается в правильном выборе индикаторного объекта, который должен отвечать определенному спектру требований (широкий ареал распространения, способность реагировать изменением элементного состава на изменение условий среды обитания в широком интервале значений и т.д.).

Многие ученые уже не раз обращали внимание на водные растения семейства рясковые (*Lemnaceae*). В настоящее время существуют различные методики и ГОСТы по использованию данного растения в качестве объекта для биотестирования, объекта для фиторемедиации почвы и отчистки сточных вод [1]. В.И. Вернадский и А.П. Виноградов первыми заметили, что ряска чутко реагирует на изменения элементного состава окружающей среды и проецирует это в своем химическом составе. Начало исследования ряски как биогеохимического индикатора водной экосистемы положено сотрудниками лаборатории БИОГЕЛ (нынешний ГЕОХИ) и отражено в таких работах, как «О химическом элементарном составе рясок *Lemna*, как видовом признаке» и «О концентрации радия растительными организмами» [2-4].

Пробы ряски отбирали на территории 3х регионов Томской области: Кожевниковский, Томский и Александровский. Исследуемые районы отличаются по степени антропогенной нагрузки и геохимической обстановки. Томский район характеризуется крайне неравномерным распределением промышленных предприятий, что создает неодинаковую экологическую нагрузку на территорию [5]. Наибольшее количество проб отобрано в тридцати километровой зоне воздействия предприятий Северного промышленного узла (СПУ).

Отбор проб проводился во время вегетационного периода (июнь-август 2015г). В каждой точке отбора проб проведено краткое описание водоема и прилегающих к нему территорий, зафиксированы координаты места пробообора, дата и время. Характеристика водного объекта сопровождалась фотографированием его общего вида и отдельных участков. Пробы представителей семейства рясковых отбирали с водопокрытого грунта, который представляет бессточные водоемы с площадями от 500-1000м². Отобранные пробы растений высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Аналитическая предпробподготовка заключалась в проведении видовой идентификации растений в отобранных пробах, удалении минеральных включений, а также иных видимых невооруженным глазом организмов, как растительных, так и животных. Далее пробы гомогенизировались (истирались в агатовой ступке). Содержание химических элементов в ряске исследовано при помощи следующих аналитических методов: атомно-эмиссионная спектрометрия (АЭС) с индуктивно-связанной плазмой (Научно-аналитический центр ТПУ), инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИННА) (аналитик – с.н.с. А.Ф. Судыко), атомно-абсорбционная спектрометрия (АСС) с использованием метода «холодного пара» (точность метода ААС подтверждалась использованием государственного стандартного образца ГСО 8923-2007 состава листа березы (СОКОМЕТ 007-7-2008-RU, Hg (0,037±0,006) · 10⁻⁶ мг/г)) на базе научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

Идентификация растительных проб показала, что основная масса отобранных растений семейства *Lemnaceae* принадлежит ряске турионообразующей (*Lemna turionifera* Landolt) – широко распространенному в водоемах

Голарктики, преимущественно бореально-неморальному виду. Меньшее участие в сложении растительного покрова исследованных водоемов принимают другие представители семейства рясковых: многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.), ряска малая (*L. minor* L.) и трехдольная (*L. trisulca* L.). В этой связи, а также с учетом примерно одинаковой аккумулирующей способности разных видов рясковых ввиду их близких био-экологических характеристик, в работе использована смесь представителей рясковых, без разделения их по видам.

Изучены особенности биологического накопления химических элементов ряской на территории Томской области. Накопление химических элементов живым веществом ряски оценивали с помощью коэффициента биологического накопления ($K_{\text{б}}$) как отношение концентрации элемента в сухой массе ряски к его концентрации в воде. В следствии высокой вариабельности исследуемых химических элементов был рассмотрен порядок величин $K_{\text{б}}$ в шкале десятичных логарифмов $\lg K_{\text{б}}$.

По значениям $\lg K_{\text{б}}$ в ряске на территории Томской области ранжированы в соответствии с классификацией по степени их накопления, предложенной Лионовой Г.А. [6]:

- 1) сильно накапливающиеся ($\lg K_{\text{б}}=5-4$) – В;
- 2) значительно накапливающиеся ($\lg K_{\text{б}}=4-3$) – Al, Be, Si, Sn, металлы группы железа - Cr, V, щелочные и щелочноземельные элементы К, Мо;
- 3) относительно слабо накапливающиеся ($\lg K_{\text{б}}=3-2$) – Li, W, щелочные и щелочноземельные элементы Ва, Na, Са, Mg, Sr, металлы группы железа - Co, Fe, Ni, халькофильные элементы Zn Cd, Pb, Sb, Se;
- 4) слабо накапливающиеся ($\lg K_{\text{б}}=1-2$) – Mn, халькофильные элементы - As, Bi.

На основании полученных данных выявленная закономерность увеличения $\lg K_{\text{б}}$ для элементов с относительно повышенной подвижностью. Поглощение исследуемых элементов с атомным номером (9-56) преимущественно выше, чем элементов с номерами выше 55ти.

По результатам ИННА большое внимание привлек спектр накопления редкоземельных элементов (Рис. 1). На территории всех районов Томской области прослеживается относительно одинаковая закономерность концентрации РЗЭ: характерна специфика накопления легких лантаноидов, преобладание таких химических элементов как La, Ce, Nd. В Александровской районе прослеживается большое накопление Tb. В Томском районе прослеживается накопление щелочноземельных элементов (Ba, St, Rb), также As, Br, Zn, Co, Ca и некоторых редкоземельных элементов. Значительный спектр накопления многих элементов на территории Кожевниковского района. На данной территории наблюдается превышение среднего содержания по Томской области на порядок и на десятки порядков многих редкоземельных и радиоактивных элементов.

Содержание ртути в растениях семейства рясковые варьирует от 7,0 до 34,1 нг/г. Среднее содержание ртути в ряске по Томскому району (18 нг/г) не превышает фоновых значений для макрофитов (20 нг/г) [7]. Выявлены участки локального превышения фоновых значений содержания ртути в растениях (20% от всей выборки). Высокие концентрации этого элемента обнаружены в пробах, отобранных в следующих населенных пунктах: д. Георгиевка, д. Надежда, с. Наумовка, п. Михайлова и д. Кузовлево, что говорит о неравномерном распределении ртути на исследуемой территории. Указанные точки пробоотбора расположены к северу от Сибирского Химического Комбината (СХК) и ряда других предприятий, относящихся к так называемому Северному промышленному узлу (СПУ) Томского района, т.е. по направлению господствующих ветров.

Наши исследования показали, что растения семейства рясковые способны отражать геохимическую ситуацию окружающей среды, аккумулировать огромный спектр химических элементов, концентрации которых в несколько раз выше, чем в водоеме. Это упрощает получение более объективного представления о распространенности микроэлементов в водной среде.

Данный объект отличается высокой чувствительностью к содержанию ртути в окружающей среде. Получена взаимосвязь между расположением техногенных источников данного экотоксиканта и его концентрации в ряске. Территория Томского района отличается геохимической контрастностью по содержанию ртути в рясковых (выделены три геохимические зоны).

Данное исследование доказывает, что растения семейства рясковые являются одними из наиболее подходящих биогеохимических индикаторов состояния водных экосистем, которые способны отразить объективную эколого-геохимическую ситуацию окружающей среды.

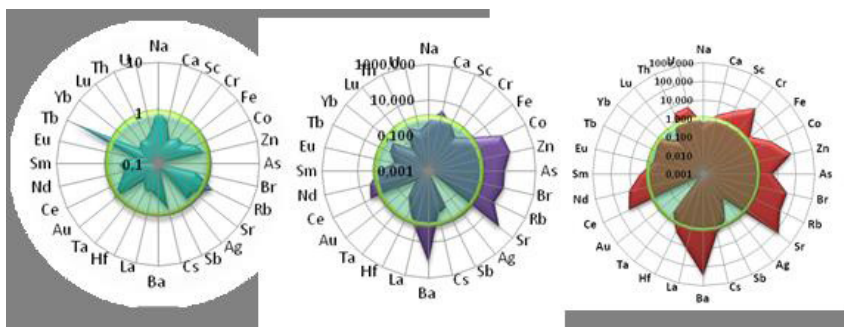


Рис. 1. Коэффициент концентрации в ряске А – Александровский район, В – Томский район, С – Кожевниковский район;

Литература

1. Малюга Н.Г., Цаценко Л.В., Аветянц Л.Х. Способ оценки загрязнения почв агроландшафта поллютантами// Патент России №2096781
2. Бруновский Б.К., Кунашева К.Г. О содержании радия в некоторых растениях. // Докл. АН СССР. — 1930. - Серия А, №20.
3. Вернадский В.И. О концентрации радия живыми организмами // Докл. АН СССР, 1929. N2. С. 33 – 34
4. Вернадский В.И. О химическом элементарном составе рясок (Lemna) как видовом признаке.// Живое вещество и биосфера. М., «Наука».- 1994. - С.473-476.
5. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г. Сухих Ю.И., Барановская Н.В., Волков ВТ., Волкова Н.Н., Архангельский В.В., Архангельская Т.А., Денисова ОА, Шатилов А.Ю., Янкович Е.П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. 216 стр., 111 илл., Томск, 2006 г.
6. Леонова Г.А. Геохимическая роль планктона континентальных водоемов Сибири в концентрировании и биоседиментации микроэлементов / Г.А. Леонова, В.А. Бобров – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. – 314с.
7. Никаноров А.М., Жулидов А.В., Покаржевский А.Д. Биомониторинг тяжелых металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 144 с.

ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ Г. МЕЖДУРЕЧЕНСКА

Д.В.Максимова

Научный руководитель доцент Н.А.Осипова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия

Ухудшение качественного состава земель выражается в разрушении естественных ландшафтов (почвы, растительности), развитии эрозионных процессов, загрязнении земель химическими веществами, захлавлении бытовыми и производственными процессами. Состав почв территории г. Междуреченска сформировался под влиянием градостроительных процессов, а также в результате деятельности промышленных и угледобывающих предприятий, окружающих город. Вместе с выбросами предприятий в атмосферу попадают тяжелые металлы, содержащиеся в сырье, используемом на предприятиях, а также использующиеся в технологических циклах предприятий. Все эти процессы неизбежно сказываются на составе почв урбанизированных территорий в целом и конкретных регионов.

Целью исследования явилось изучение содержания химических элементов в почвах территории г. Междуреченск, в сравнении с данными ранее проведенных исследований. Так, ранее показано [6,7,8], что почвы различных районов города отличаются по уровню накопления тех или иных элементов и являются источником опасности для здоровья населения [6,5]. Повышенные относительно кларка верхней части континентальной земной коры концентрации характерны, в частности, для ртути [4,6], а также для элементов, входящих в органической и неорганических формах в состав угля, добыча, обогащение и сторание которого происходят на ряде близко расположенных предприятий [6,7].

В начале лета 2015 г. были отобраны 30 проб городских почв, с поверхностного слоя (0-10 см) на территории г. Междуреченск совместно с магистрантом кафедры ГЭГХ А.Н.Николаенко. Схема и методика пробоотбора описаны в [4,6]. Отбор и подготовку проб проводили согласно ГОСТ 17.4.02-84, а также в соответствии с «Временными методическими рекомендациями по контролю загрязнения почв», М., Гидрометеиздат, 1983. При отборе проб была использована площадная сеть наблюдения в масштабе 1:80000.

Содержание элементов в почве определено инструментальным нейтронно-активационным методом (ИНАА) в аккредитованной ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии. Изучение минерального состава проб почв проводили с применением стереоскопического бинокулярного микроскопа (Leica EZ4D) с использованием эталонной коллекции минералов.

В настоящей работе обсуждаются данные по элементам, содержание которых в почвах определялось в ранее проведенных исследованиях [8], методом атомно-адсорбционной спектроскопии. В [9] показано, что сопоставление данных ИНАА и ААС правомерно.

Кларк концентрации (КК), как показатель уровня аномальности содержаний химических элементов, рассчитывался как отношение содержания химического элемента в почве к его кларку в ноосфере (K_n) [2]

$$KK_n = C/K_n, \text{ и кларку верхней части континентальной земной коры } (K_{ск}) [3]: KK = C/K_{ск}.$$

В таблице приведены коэффициенты концентраций химических элементов в почвах, рассчитанные относительно кларка ноосферы по Глазовскому и в земной коре. Уровень содержания C_0 сопоставим со значением его кларковой концентрации относительно кларка ноосферы KK_n

Элементы образуют следующий ряд по возрастанию коэффициента концентраций относительно кларка ноосферы C_0 (0,78)<As (1,7)<Cr (2,3)<Zn(2,6)<Ba (13,7)<Sb(19,7) и кларка земной коры: As (0,9) < Ba (1,0) <Co (1,01) <Cr (1,3)<Zn(1,6)<Sb(6,1). Диапазон изменения коэффициента концентраций относительно кларка ноосферы 0,78-19,7; диапазон изменения коэффициента концентраций относительно кларка земной коры 0,9-6,1.