

ности над выработанным пространством, что подтверждает разгрузку высвобождающихся газов по формирующимся зонам природно-техногенной трещиноватости. Интенсивность миграционных процессов носит нестационарный характер, отражающий, по всей вероятности, эволюцию деформационных процессов, контролирующих раскрытость и проницаемость зон разуплотнения в надсолевой части разреза. Это подтверждается результатами наблюдений станций автоматизированного газогеохимического мониторинга, позволяющих контролировать динамику «газового дыхания» недр в режиме реального времени [3].

Положительные результаты апробации методики газогеохимических исследований с использованием экспресс-газоанализатора Escorprobe-5 послужили основой для разработки программы газогеохимического мониторинга, направленной на предотвращение негативных последствий техногенной аварии, вызванной затоплением рудника БКПРУ-1. Принятая система газогеохимического мониторинга позволяет держать под контролем интенсивность «газового дыхания» недр на застроенной территории и в случае выявления признаков поступления газов из продуктивной части разреза осуществлять дополнительные мероприятия по локализации очагов данных явлений и оценке их опасности для жизнедеятельности.

Другим направлением использования методики газогеохимического зондирования является контроль за освоением на территории ВКМС подсолевых залежей углеводородов. Это становится особенно актуальным в связи с начатой ОАО «Еврохим» совместной отработкой запасов калийных руд и нефти на Палашерском участке, который территориально совмещен с контуром разрабатываемого нефтяного месторождения имени Архангельского. Результаты проведенного газогеохимического опробования показали, что для контура нефтяного месторождения характерны более высокие концентрации углеводородных компонентов в рассеянных и сорбированных в почво-грунтах газах, чем для остальной территории, что связано с проявлением в приповерхностном газовом фоне вертикальных ореолов рассеяния залежей углеводородов (аномалии нафтидного типа). Не исключено, что в процессе разработки нефтяных залежей может произойти активизация вертикального массопереноса углеводородных газов по зонам трещиноватости в надпродуктивную часть разреза, что обуславливает необходимость организации постоянного контроля за газовым «дыханием» недр.

Таким образом, приведённая информация свидетельствует, что изучение особенностей газового «дыхания» недр с использованием современной аналитической аппаратуры даёт уникальные возможности для решения широкого спектра горно-геологических задач.

1. Бачурин Б. А., Борисов А. А., Бабошко А. Ю. Научно-методические подходы к проведению газогеохимических исследований при решении нефтепоисковых и геоэкологических задач // Изменяющаяся геологическая среда: пространственно-временные взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов: Матер. Международ. конф. Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та. 2007. Т. 1. С. 315–319.

2. Бачурин Б. А., Борисов А. А. Газогеохимическое зондирование как метод контроля за развитием аварийной ситуации на БКПРУ-1 // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 4. С. 371–378.

3. Бачурин Б. А., Борисов А. А. Газогеохимические методы контроля процессов техногенеза в геологической среде Верхнекамского месторождения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2011. № 6. С. 144–151.

4. Уткин В. И. Газовое дыхание недр // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 2. С. 57–64.

5. Blaha G., Retief E. New method and instrumentation for the soil contamination survey (basic introduction) [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.rsdynamics.com>.

6. Etiopé G., Martinelli G. Migration of carrier and trace gases in the geosphere: An overview // Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2002. Т. 129. № 3–4. P. 185–204.

УДК 550.4

## **НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ И ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОЗЁР И РЕК БЕЛАРУСИ**

**Б. П. Власов, Н. В. Ковальчик, Н. В. Жуковская**

Белорусский государственный университет, географический факультет, пр. Независимости 4,  
220030 Минск, Республика Беларусь; kovalchiknv@gmail.com

Для эколого-геохимической оценки состояния водных объектов важно использовать данные о накоплении химических элементов в депонирующих средах – высшей водной растительности и дон-

ных осадках. Загрязняющие вещества поступают в водоёмы и водотоки в растворённой форме и в виде взвешенных частиц с локальными сбросами и в составе стока с водосборных территорий. Микроэлементы донных осадков и растений могут служить чуткими индикаторами геохимических условий водоёмов и водотоков.

Анализ данных мониторинга химического состава высшей водной растительности и донных осадков за 16-летний период выполнялся для выявления закономерностей накопления микроэлементов на фоновых и техногенно загрязнённых участках водоёмов и водотоков на территории Беларуси. Сеть мониторинга объектов включает озёра, водохранилища и реки, репрезентативные с точки зрения природных условий, а также фоновые статус или вида техногенного воздействия. Опробованные озёра отличаются генетическим типом, характером донных отложений и степенью зарастания. Объекты на реках определены на основе бассейнового принципа, в том числе расположены на участках, испытывающих воздействие городов и промышленных предприятий различных типов.

Сравнительный анализ результатов, полученных на объектах мониторинга, дал возможность определить для изучения перечень микроэлементов, которые наиболее часто накапливаются в донных отложениях и макрофитах водоёмов и водотоков Беларуси. Это V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Ti, большинство из которых относится к тяжёлым металлам, обладающим специфическими биогеохимическими свойствами: высокой биохимической активностью, токсичностью, канцерогенностью, тенденцией к биоконцентрированию, склонностью к гидролизу [3].

Для сбора и интерпретации полученных данных была разработана структура базы географических данных на основе приложения ГИС ArcGIS 10.3 – ArcCatalog и выполнена её актуализация. База геоданных включает векторную пространственную основу, цифровую модель рельефа, данные о содержании элементов в донных отложениях и высшей водной растительности озёр и рек Беларуси. Векторная пространственная основа создана на основе данных OpenStreetMap [2]. Добавлены точечные классы пространственных объектов, содержащие информацию о пунктах мониторинга озёр и рек. Выделены водосборные бассейны основных рек Беларуси в среде ArcGIS 10.3 на основе цифровой модели рельефа SRTM [4].

Статистическая обработка данных включала в себя оценку распределения переменных с помощью гистограмм, вероятностных графиков и критериев согласия (Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка), вычисление дескриптивных статистик, непараметрический дисперсионный анализ Краскелла-Уоллиса, являющийся наиболее эффективным для выборок с заметно различающимся объёмом наблюдений. При логарифмически нормальном (ln) распределении в качестве среднего принималось среднее геометрическое (g). В случае усечённых выборок при доле проб с содержанием элемента выше предела обнаружения более 50 % в качестве среднего использовалась медиана.

Распределение концентраций элементов в донных отложениях и высшей водной растительности водоёмов и водотоков сопоставлялось в разрезе трёх литогеохимических провинций, выделенных К. И. Лукашёвым, отражающих генетическое разнообразие природных комплексов Беларуси [1]. Территории провинций различаются по геологическому строению, основным чертам дифференциации материала в процессе переноса, особенностям выветривания в различные периоды и современным геохимическим процессам.

Статистические параметры содержания микроэлементов в современных донных отложениях озёр Беларуси представлены в табл. 1. Распределение большинства изучаемых элементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb) подчиняется логарифмически нормальному закону распределения. Частота встречаемости Zn составляет 81 %, Mo – 80 %.

При изучении микроэлементного состава донных отложений озёр в разрезе литогеохимических провинций выявлено, что наибольшие средние содержания большинства элементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb) характерны для донных отложений озёр Южной провинции (табл. 2). Однако статистически значимые различия между провинциями установлены только по содержанию в донных осадках Ni, Cu и Pb (H-критерий Краскелла-Уоллиса = 6,15–6,19,  $p = 0,045–0,46$ ).

Основные статистические параметры, характеризующие распределение микроэлементов в донных отложениях рек, представлены в табл. 3. Частота встречаемости Zn составляет 93 %, Mn – 71 %. По сравнению с донными отложениями озёр выявлены более высокие концентрации V, Cr, Mn, Ni.

В разрезе литогеохимических провинций для донных отложений рек установлены статистически значимые различия по содержанию Mn и Cr. Максимальные средние содержания Mn в донных осадках рек приурочены к Центральной, Cr – Южной провинции.

Таблица 1 – Статистические параметры содержания микроэлементов в донных отложениях озёр Беларуси, мг/кг (n = 124)

Элемент	x (пределы вариации)	$\sigma$	$s_x$
Ti	1051 <sub>g</sub> (24,2–9 939)/6,96 <sub>ln</sub>	1,19 <sub>ln</sub>	0,107 <sub>ln</sub>
V	13,1 <sub>g</sub> (0,41–111,8)/2,57 <sub>ln</sub>	1,045 <sub>ln</sub>	0,094 <sub>ln</sub>
Cr	13,8 <sub>g</sub> (0,97–149,1) /4,93 <sub>ln10x</sub>	1,31 <sub>ln10x</sub>	0,117 <sub>ln10x</sub>
Mn	375 <sub>g</sub> (19,8–6934)/5,93 <sub>ln</sub>	1,0 <sub>ln</sub>	0,09 <sub>ln</sub>
Ni	5,33 <sub>g</sub> (0,45–52,2)/3,98 <sub>ln10x</sub>	1,07 <sub>ln10x</sub>	0,096 <sub>ln10x</sub>
Cu	8,14 <sub>g</sub> (0,99–142,7)/4,40 <sub>ln10x</sub>	0,800 <sub>ln10x</sub>	0,072 <sub>ln10x</sub>
Zn	29,9 (н.о.–524)	–	–
Mo	0,97 (н.о.–5,24)	–	–
Pb	18,3 <sub>g</sub> (0,99–199,2)/2,91 <sub>ln</sub>	0,854 <sub>ln</sub>	0,077 <sub>ln</sub>

Примечание: x – среднее значение;  $\sigma$  – стандартное отклонение;  $s_x$  – ошибка среднего; н.о.– ниже предела чувствительности метода определения

Таблица 2 – Среднее содержание микроэлементов в донных отложениях озёр геохимических провинций Беларуси, мг/кг

Провинция, n	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Северная, 86	1102	12,5	12,6	388	4,89	5,20	8,11	29,7	17,4
Центральная, 19	1268	12,3	17,2	325	2,41	5,38	6,11	29,9	15,9
Южная, 19	1321	18,7	18,7	370	3,35	8,44	11,0	45,6	29,4

Таблица 3 – Статистические параметры содержания элементов в донных отложениях рек, мг/кг (n = 72)

Элемент	x (пределы вариации)	$\sigma$	$s_x$
Ti	1515 <sub>g</sub> (73,5–8 785)/7,32 <sub>ln</sub>	0,86 <sub>ln</sub>	0,108 <sub>ln</sub>
V	22,0 <sub>g</sub> (2,91–98,8)/3,09 <sub>ln</sub>	0,895 <sub>ln</sub>	0,107 <sub>ln</sub>
Cr	29,5 <sub>g</sub> (0,98–285) /3,39 <sub>ln</sub>	1,31 <sub>ln</sub>	0,16 <sub>ln</sub>
Mn	713 <sub>g</sub> (69,3–9960)/6,57 <sub>ln</sub>	1,12 <sub>ln</sub>	0,134 <sub>ln</sub>
Ni	9,76 <sub>g</sub> (0,95–199)/4,58 <sub>ln10x</sub>	1,15 <sub>ln10x</sub>	0,138 <sub>ln10x</sub>
Cu	10,8 <sub>g</sub> (1,47–99,0)/2,38 <sub>ln</sub>	0,902 <sub>ln</sub>	0,108 <sub>ln</sub>
Zn	29,7 (н.о.–867)	–	–
Mo	0,96 (н.о.–9,83)	–	–
Pb	16,9 <sub>g</sub> (2,21–86,7)/2,83 <sub>ln</sub>	0,757 <sub>ln</sub>	0,091 <sub>ln</sub>

Примечание: x – среднее значение;  $\sigma$  – стандартное отклонение;  $s_x$  – ошибка среднего; н.о.– ниже предела чувствительности метода определения

Высшая водная растительность является хорошим индикатором состояния водной среды экосистем. Макрофиты чутко реагируют на изменения среды обитания и, в первую очередь, гидрофизических и гидрохимических показателей – температуры, прозрачности, солевого состава воды и химического состава донных отложений.

Изучение содержания микроэлементов в макрофитах водоёмов и водотоков Беларуси проводилось по группам растительных формаций: полностью погружённые гидрофиты, погружённые гидрофиты с плавающими листьями, аэрогидрофиты. Установлено, что растения водоёмов и водотоков проявляют видовые особенности аккумуляции элементов. Максимальные концентрации отмечены в погружённых макрофитах, при этом максимальным накоплением V, Cr, Mn, Ni, Cu, Pb выделяются харовые водоросли (рис.). Повышенную способность накапливать Mn проявляют роголистник и телорез, Cu – роголистник, Pb – уруть и элодея.

В растениях водотоков зон локального техногенного воздействия отмечено большее накопление Ti, Mn, Zr, Pb по сравнению со средними содержаниями в растениях водотоков фоновых территорий. Отмечена также повышенная встречаемость (95 %) V, Cr, Ni в растениях данных зон, в то время как в среднем по выборке эта величина не превышает 50 %.

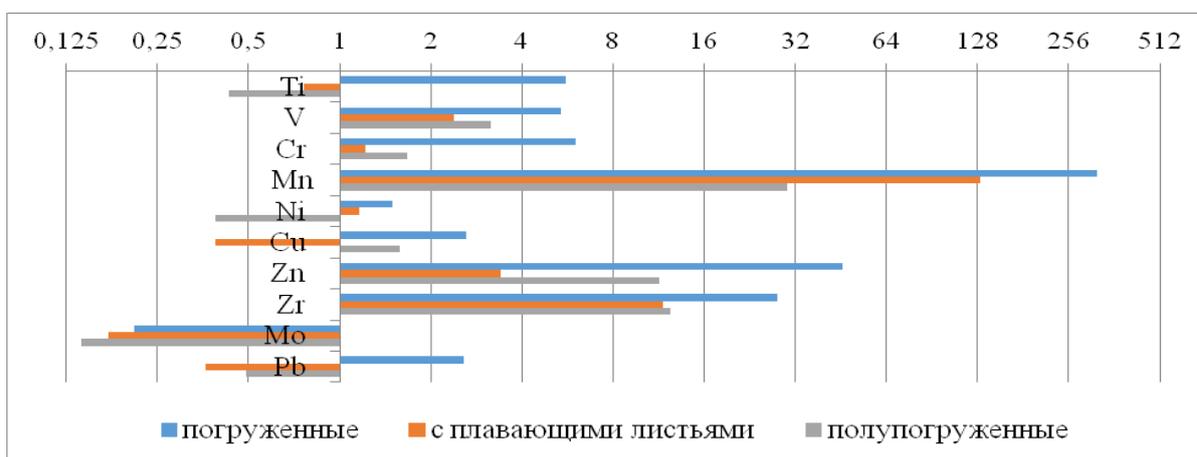


Рисунок – Среднее содержание микроэлементов в макрофитах водоёмов и водотоков Беларуси, мг/кг сухого вещества

1. Геохимические провинции покровных отложений БССР / Под ред. К. И. Лукашёва. М.: Наука и техника, 1969. 476 с.
2. Данные OSM в формате shape-файлов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://beryllium.gis-lab.info/project/osmshp/region/BY>
3. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжёлые металлы в природных водах. М.: Мир, 1987. 288 с.
4. SRTM 90 m Digital Elevation Data [Electronic resource]. – Mode of access: <http://srtm.csi.cgiar.org/Index.asp>

УДК 550.4

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СНЕЖНЫХ ПОЛИГОНОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЧЕРТЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ (НА ПРИМЕРЕ г. ЮЖНО-САХАЛИНСКА)

Ю. В. Генсировский<sup>1</sup>, В. А. Лобкина<sup>1</sup>, Н. Н. Ухова<sup>2</sup>,  
Т. Г. Рященко<sup>2</sup>, Е. Н. Казакова<sup>1</sup>, А. А. Музыченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сахалинский филиал Дальневосточного геологического института ДВО РАН, ул. Горького 25, 694023 Южно-Сахалинск, Российская Федерация; [gensirovskiy@mail.ru](mailto:gensirovskiy@mail.ru)

<sup>2</sup> Институт земной коры СО РАН, ул. Лермонтова 128, 664063 Иркутск, Российская Федерация; [nat\\_ukhova@crust.irk.ru](mailto:nat_ukhova@crust.irk.ru)

Снежный покров, формирующийся на урбанизированных территориях, представляет сложную проблему, связанную с расчисткой больших площадей от снега, его последующей утилизацией или складированием. Данная проблема актуальна для населенных пунктов о. Сахалин.

Особенно остро проблема связанная с вывозом снега стоит в г. Южно-Сахалинск (областной центр), площадь которого не включая пригороды составляет 182,2 км<sup>2</sup>. Средняя продолжительность устойчивого залегания снежного покрова в городе составляет 150 сут (максимальная до 180 сут), ежегодное среднее количество выпадающих твёрдых осадков по данным гидрометеорологической станции (ГМС) Южно-Сахалинск составляет 263 мм (максимальное 513 мм, 1970 г.). В среднем на площади г. Южно-Сахалинск за зимний сезон накапливается около 130 млн м<sup>3</sup> снега. В среднеснежный год за зиму с территории городской застройки г. Южно-Сахалинск на полигоны свозится более 1 000 тыс. м<sup>3</sup> снега.

Снег, собираемый с территории городской застройки, имеет большую степень загрязнения, и по совокупности содержащихся в нем элементов данный снег резко отличается от того, который формируется за её пределами. При расчистке улиц в собираемый снег попадает бытовой мусор, тротуарная плитка, песок и т. д., в связи с чем обращение с этой снежной массой должно происходить как с отходом. Однако в ГОСТ 25–916–83 «Ресурсы материалы вторичные» и в Федеральном классификационном каталоге отходов (№ 786 от 02.12.02 г) снег отсутствует. В каталоге отходов присутствует категория смёт с городских улиц, но в нее входит только твёрдый, сухой смёт пыли, песка, листьев и т. д.,