

УДК 502.36:622.277

## **БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННЫХ РОССЫПЕЙ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**Н.И. Стеблевская, М.А. Медков.**

Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток  
*пр. 100-летия Владивостока, 159, 690022, г. Владивосток-22, Россия*

**В.П. Молчанов**

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток  
*пр. 100-летия Владивостока, 159, 690022, г. Владивосток-22, Россия*

Приведены результаты выборочного геохимического мониторинга общей ртути и других элементов в почвах и сопряженных с ними растениях юга Дальнего Востока. Определены источники их поступления на исследуемых полигонах.

Одной из важнейших проблем геохимической экологии является исследование химического элементного состава растений в условиях различных биогеохимических провинций [1, 2], сформировавшихся под действием как природных, так и антропогенных факторов. Содержание элементов в профиле девственных почв, а соответственно и в произрастающих на этих почвах растениях, унаследовано главным образом от материнской породы.

Благодаря такой тесной зависимости стало возможным применение биогеохимического метода поиска полезных ископаемых, основанного на участии живого вещества в миграции элементов в продуктах жизнедеятельности преимущественно растительного мира. Метод реализуется опробованием всего растения или его части и имеет преимущество в том, что корневая система проникает на значительную глубину [2].

Растения, в том числе и лекарственные, отражая видовые особенности накопления и содержания микроэлементов, несут тем не менее локальную окраску преобладания в их составе элементов, которыми богаты почвы в районе произрастания, причем как жизненно необходимых, так и токсичных при определенных концентрациях. К числу наиболее токсичных химических элементов относится ртуть. Ртуть встречается в природе как в самородном состоянии, так и в соединениях (киноварь, тиманит и т.д.), а также в качестве изоморфной или механической примеси входит в состав молибденита, пирита, пирротина, сфалерита, каменного угля и при переработке этих полезных ископаемых поступает в значительных количествах в окружающую среду. Техногенная ртуть сбрасывалась также в природную среду в районах золотодобычи, пока в 1988 г. не была запрещена технология извлечения рассыпного золота амальгамированием, а

также продолжает поступать во все экосистемы биосферы в составе пестицидов. В результате метаморфного и биогенного перераспределения создаются обширные ореолы ртутного рассеяния как в районах горнодобывающих, металлургических и иных предприятий, так и в местах, отдаленных от интенсивной производственной деятельности, например на различных типах сульфидных месторождений.

Биогеохимические исследования растений и почвенного покрова как на территориях с техногенным загрязнением, так и там, где оно отсутствует или минимально, необходимы по нескольким причинам: для разовой оценки состояния наземной экосистемы проведения фоновых мониторингов с целью выявления содержания микроэлементов в растениях природных экосистем и установления связи элементного состава с геохимической средой сравнения с аналогичными данными для загрязненных техногенных систем и наконец биогеохимической экспертизы постоянно изменяющейся окружающей среды и решения других геоэкологических задач, например при металлометрических методах обнаружения залежей руд [2]. В частности, при поиске сульфидных месторождений изучение распределения ртути в ореолах рассеяния имеет преимущество перед другими халькофильными элементами благодаря значительным размерам этих ореолов.

Проводилось одновременное биогеохимическое опробование осредненных высушенных проб частей растений одного и того же вида, собранных на исследуемых полигонах, и почвенных образцов, соответствующих почвенному профилю, из зоны расположения корневой системы на глубине пахотного горизонта.

Элементный анализ исследуемых проб почв и растений, подготовленных в соответствии с рекомендациями [4], проводили рентгено-флуоресцентным методом на приборе TXRF 8030 С.

Содержание ртути и других микроэлементов приведено в табл. 1 и 2. Для сравнения были использованы кларки в осадочных породах и почвах по А.П. Виноградову и в растительности по В.В. Добровольскому [1, 2].

Очевидно, что глобальные средние величины концентрации (кларки) микроэлементов в почве и растительности установлены точно быть не могут [1], так как определяются многими факторами, важнейшими из которых являются фракционная неоднородность и распространенность разных типов почв.

Известно [3], что накопление ртути в почвах связано с уровнем содержания органического углерода и серы и ее концентрация в верхнем слое почвы в несколько раз выше, чем в подпочвенных горизонтах. Ртути не обнаружено в пробах почвенного слоя исследуемых полигонов Приморского края (табл. 1), что может быть связано как с присутствием ртути в концентрации ниже предела обнаружения используемыми методами, т.е. менее  $10^{-7}\%$ , так и с образованием под действием конкретных почвенных условий легкоподвижных форм соединений ртути и последующими потерями из почвы в виде паров и легкой биологической доступностью для растений [3].

Действительно, несмотря на то, что в почвах ряда территорий ртути не обнаружено, в опробованных растениях этих территорий происходит накопление ртути в количествах от  $10^{-5}$  до  $10^{-4}\%$  (табл. 2), что выше кларка в растениях [1–3].

В почвах остальных опробованных территорий содержание ртути значительно превышает нормальное. Концентрация ртути в указанных пробах верхнего

почвенного слоя превышает кларк в осадочных породах и почвах по А.П. Виноградову, а также максимальное фоновое содержание (0,4 мг/кг) на порядок (см. табл. 1).

В связи с тем, что участки отбора проб не подвержены значительной антропогенной нагрузке, повышенное содержание ртути, как и других микроэлементов, в почвах, а также и в опробованных растениях может быть связано с содержанием ртути и большинства других микроэлементов в подстилающих почву породах [2].

Таблица 1

**Содержание микроэлементов в почве (мас.%)**

Пункт опробования	1	2	3	4	5	6	7	Кларк [2]
Ti	0,0504	0,0217	0,0693	0,0863	0,0118	0,0791	0,0511	0,45
Cr	0,0019	0,0019	0,0011	0,0027	0,0002	0,0032	0,0016	0,02
Mn	0,0413	0,0333	0,0254	0,0226	0,0185	0,0253	0,0638	0,085
Ni	0,0029	0,0017	0,0012	0,0010	0,0003	0,0019	0,0009	0,004
Cu	0,0019	0,0003	0,0035	0,0035	0,0183	-	0,0003	0,002
Zn	0,0045	0,0029	0,0025	0,0028	0,0022	0,0019	0,0035	0,005
As	0,0008	0,0006	0,0004	0,0006	-	0,0006	0,0006	0,0007
Sr	0,0016	0,0027	0,0032	0,0020	0,0002	0,0025	0,0019	0,045
Pt	0,0002	-	0,0002	-	-	-	-	5·10 <sup>-6</sup>
Au	-	-	0,0003	-	-	-	-	5·10 <sup>-6</sup>
Hg	0,0001	-	0,0004	0,0001	-	0,0003	-	4·10 <sup>-6</sup>
Pb	0,0007	0,0006	0,0003	-	0,0023	0,0009	0,0006	0,002
Bi	-	0,0003	-	0,0003	-	0,0006	-	0,0001
Th	-	-	-	-	0,0012	-	-	0,0011
Ga	-	-	-	-	0,0001	-	-	0,0004

Таблица 2

**Содержание микроэлементов (МЭ) и коэффициент биологического поглощения (К<sub>б</sub>) опробованных растений**

МЭ	Бурятия		Амурская область		Хабаровский край		Приморский край		К <sub>б</sub> [6]
	мас.%	К <sub>б</sub>	мас.%	К <sub>б</sub>	мас.%	К <sub>б</sub>	мас.%	К <sub>б</sub>	
Ti	0,0059	0,1	0,0083	0,4	0,0148	0,2	0,0017	0,4	0,2
Cr	0,0012	0,6	0,00094	0,5	0,00197	0,7	0,00035	0,2	1,0
Mn	0,0085	0,2	0,0270	0,8	0,0083	0,4	0,0084	0,2	6,7
Ni	0,0035	1,2	0,0016	0,9	0,0030	3,0	0,00095	0,9	1,5
Cu	0,0023	1,2	0,0025	8,3	0,0011	0,3	0,0016	0,3	9,1
Zn	0,0028	0,6	0,0026	0,9	0,0030	1,1	0,0078	3,1	19,6
As	0,00024	0,3	0,00016	0,3	0,00015	0,3	0,0000125	0,03	1,6
Sr	0,0129	8,1	0,0076	2,8	0,0059	3,0	0,0065	4,3	3,5
Pt	0,00022	1,1	0,0076	2,8	-	-	-	-	-
Au	0,0005	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	0,00016	1,6	0,000072	7,2	0,0001	1,0	0,00012	1,2	7,6
Pb	0,00038	0,5	0,00026	0,4	0,0004	-	0,0005	0,4	3,7
Bi	0,00064	-	0,00022	0,7	-	-	-	-	-
Th	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ga	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05

Для оценки уровня накопления рассеянных элементов рассчитаны для всех опробованных растений коэффициенты биологического поглощения (К<sub>б</sub>) микро-

элементов растениями (см. табл. 2), определяемые как отношение реальных концентраций микроэлементов в растении к реальному содержанию этого микроэлемента в соответствующей пробе почвы [1–3].

Для сравнения в табл. 2 даны глобальные значения  $K_6$  растительности континентов, приведенные в [1]. Для ртути уровень накопления во всех опробованных почвах, где она обнаружена, очень высок – КК колеблется от 25 до 100. Следует отметить наблюдаемую для указанных почв корреляцию КК ртути, золота и платины. В исследуемых почвах нескольких территорий наблюдается повышенное содержание висмута, меди, свинца (см. табл. 1). Содержание остальных микроэлементов в исследуемых почвах не превышает кларка по А.П. Виноградову.

Анализ как абсолютных, так и средних значений содержания микроэлементов в изучаемых растениях (см. табл. 2) показал, что в наибольшей степени все опробованные растения без исключения независимо от места произрастания склонны накапливать стронций: при КК, равном в среднем 0,04,  $K_6$  превышает рассчитанные в [1] глобальные значения  $K_6$  растительности в два раза. Ртуть дифференцированно поглощается растениями, причем в некоторых случаях довольно значительно. В больших количествах растения аккумулируют медь и цинк, что объясняется их важной биохимической функцией.

Содержание меди и цинка в растениях или сравнимо с их содержанием в соответствующем почвенном слое, или превышает его в несколько раз. При значениях кларков концентрации никеля в почвах 0,2–0,7 коэффициент биологического поглощения равен 0,9–3,0, что может свидетельствовать о направленном извлечении никеля растительностью.

Для всех остальных микроэлементов в опробованных растениях рассчитанные значения  $K_6$  значительно меньше известных [1] (см. табл. 2) глобальных значений этого коэффициента, что указывает на низкую интенсивность их биологического поглощения растениями в данных условиях.

Анализ данных биогеохимического накопления общей ртути и некоторых микроэлементов показал, что в соответствии с количественными характеристиками биологического поглощения – кларки, коэффициенты биологического поглощения, – основными источниками микроэлементов на большинстве исследуемых территорий являются, по-видимому, источники естественного происхождения – почвы, подстилающие почву породы, природные воды [1–3]. Это позволяет использовать полученные данные биогеохимического накопления для мониторинга как рудных, так и техногенных месторождений.

Изученные зависимости накопления микроэлементов, в том числе тяжелых металлов и ртути в почвах и произрастающих на них растениях на полигонах юга Дальнего Востока позволили выявить биогеохимические аномалии для ряда благородных и тяжелых металлов в пределах техногенных россыпей в Приморском крае и Амурской области. Проведено предварительное оконтуривание наиболее аномальных участков в районах старой золотодобычи для их последующей рекультивации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. – М., 1983.
2. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М., 1989.

3. *Виноградов А.П.* // Поиски рудных месторождений по растениям и почвам.: Тр. Биогеохимической лаб. АН СССР. –М., 1954. – С. 3–27.
4. Методические указания по определению ртути. РД 52.24.134-99. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Ростов-на-Дону, 1999.
5. *Воробьев А.Е., Козырев Е.Н., Каргинов К.Г., Ашихмин А.А.* Физико-химическая геотехнология золота. – Владикавказ, 2001.

## BIOGEOCHEMICAL MONITORING OF THE TECHNOGENIC SCATTERINGS OF THE SOUTH OF THE FAR EAST

**N.I. Steblevsaya, M.A. Medkov**

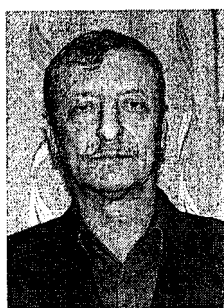
Institute of chemistry DVO of the Russian Academy of Science  
100 years to Vladivostok st., 159, 690022, Vladivostok-22, Russia

**V.P. Molchanov**

Institute geological DVO of the Russian Academy of Science  
100 years to Vladivostok st., 159, 690022, Vladivostok-22, Russia

Selective geochemical monitoring of the total mercury and other elements in the soils of the Far-Eastern South and plants connected with these soils was carried out. The sources of their origin in the soils on the practice grounds studied were stated.

*Стеблевская Надежда Ивановна*, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории переработки минерального сырья Института химии ДВО РАН



*Медков Михаил Азарьевич*, доктор химических наук, заведующий лабораторией переработки минерального сырья Института химии ДВО РАН

*Молчанов Владимир Петрович*, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории металлогении благородных металлов Дальневосточного геологического института ДВО РАН

