

**ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ РТУТИ ИЗ ГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА
ОСНОВНЫХ ПОЧВ НИЗКОГОРИЙ БАССЕЙНА РЕКИ ТОМЬ****MERCURY LEACHING FROM THE HUMUS HORIZON OF MAIN SOILS
IN THE LOWLANDS OF THE TOM RIVER BASIN**

Ключевые слова: выщелачивание, ртуть, гумусовый горизонт, почвы, низкогорья, р. Томь, гумусовые вещества, илистая фракция, pH.

Большое биоразнообразие в бассейне р. Томь, наличие ореолов рассеяния ртутных и полиметаллических месторождений и мощное антропогенное воздействие обусловили сложнейшую ландшафтно-геохимическую и эколого-биогеохимическую обстановку. Почвенный покров является основным фактором, определяющими химизм поверхностных и почвенно-грунтовых вод бассейна. Несмотря на это, загрязнение почв ртутью изучено слабее, чем другие объекты окружающей среды. В почвах процессу выщелачивания за счёт атмосферных осадков в большей степени подвержена их верхняя часть, т.е. гумусовый горизонт. Особенно это важно в период снеготаяния, когда верхняя часть почвенного покрова уже оттаяла, и через неё происходит интенсивная фильтрация талых вод, следовательно, и выщелачивание ртути. При этом более нижние горизонты находятся в замороженном состоянии и являются водупором. При выпадении осадков на поверхность почвы в гумидных условиях происходит их подкисление, т.к. в результате разложения опада хвойных древесных пород выделяется много органических кислот. Основное внимание уделено выщелачиванию ртути из гумусовых горизонтов дерново-подзолистых и серых лесных почв, сформированных в низкогорьях бассейна р. Томь, и влияние на него основных почвенных свойств (содержание гумусовых веществ, илистых фракций гранулометрического состава и актуальной кислотности почвенного раствора). В качестве растворителей использовались бидистиллированная вода и ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8 и 3,0. Обнаружено, что выщелачивание ртути из исследуемых почвенных образцов слабо выражено и при увеличении кислотности растворителя изменяется незначительно. Среди основных почвенных свойств наибольшее противодействие исследуемому процессу оказывают илистая фракция гранулометрического состава и несколько меньше – гумусовые соединения, а актуальная кислотность почвенного раствора, наоборот, способствует увеличению интенсивности

процесса. При повышении кислотности растворителя сорбционные свойства у тонкодисперсных частиц увеличиваются, а у гумусовых соединений, наоборот, снижаются.

Keywords: leaching, mercury, humus horizon, soils, lowlands, the Tom river, humic substances, silt fractions, pH.

The great biodiversity in the Tom river basin, the presence of mercury and polymetallic deposits and powerful anthropogenic impacts caused complicated landscape-geochemical and ecologic-biogeochemical conditions. The soil cover is a major factor determining the chemistry of the surface water and the groundwater in the river basin. However, mercury pollution of soil has been studied less than other environmental objects. Due to precipitation the upper part of soils, i.e. humus horizon, is subject to leaching process to greater extent. This is particularly important during snowmelt, when the upper part of the soil has thawed and intensive filtration of meltwater occurs in it, and hence mercury leaching; the lower horizons are frozen and are the aquitard. When precipitation fall to soil surface, under humid conditions the precipitation acidify because conifer litter decomposition releases many organic acids. Therefore, this study focused on mercury leaching from the humus horizons of sod-podzolic and gray forest soils formed in the lowlands of the Tom river basin, and the influence on the main soil properties (humus content, silt fraction and the actual acidity of the soil solution) on mercury leaching. Bidistilled water and ammonium acetate buffer at pH 4.8 and 3.0 were used as solvents. It is found that mercury leaching from the soil samples studied is poorly expressed and varies slightly with increasing solvent acidity. Among the main soil properties the strongest counteraction to the investigated process is produced by silt fraction and slightly lesser by humic compounds; while the actual acidity of the soil solution, on the contrary, increases the intensity of the process. When the acidity of the solvent increases the sorption properties of fine particles also increase while those of humus compounds decrease.

Салтыков Алексей Владимирович, н.с., лаб. биогеохимии, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. Тел.: (3852) 666-516. E-mail: saltykovav@yandex.ru.

Пузанов Александр Васильевич, д.б.н., проф., зам. директора по научной работе, Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул. Тел.: (3852) 666-445. E-mail: puzanov@iwep.asu.ru.

Saltykov Aleksey Vladimirovich, Staff Scientist, Biogeochemistry Lab., Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. Ph.: (3852) 666-516. E-mail: saltykovav@yandex.ru.

Puzanov Aleksandr Vasilyevich, Dr. Bio. Sci., Prof., Deputy Director for Research, Institute for Water and Environmental Problems, Sib. Branch of Rus. Acad. of Sci., Barnaul. Ph.: (3852) 666-445. E-mail: puzanov@iwep.asu.ru.

Введение

Бассейн р. Томь занимает западные склоны Кузнецкого Алатау и Западных Саян, Горную Шорию и межгорную Кузнецкую котловину, его площадь составляет 62000 км² [1, 2]. Низкогорный рельеф в исследуемом бассейне характерен для долин таких рек, как Кондома, Верхняя Терсь, Средняя Терсь и Нижняя Терсь, Уса и Мрас-Су. Почвенный покров низкогорий водосборного бассейна представлен подзолистыми, дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами [1, 3].

Большое биоразнообразие в бассейне р. Томь, наличие ореолов рассеяния ртутных и полиметаллических месторождений и мощный антропогенный прессинг (цветная и черная металлургия, горнорудная, химическая и угледобывающая промышленности, коммунально-бытовое и сельское хозяйство, лесоперерабатывающая отрасль) обусловили сложнейшую ландшафтно-геохимическую и эколого-биогеохимическую обстановку. Почвенный покров и верхнечетвертичные отложения являются основными факторами, определяющими химизм поверхностных и почвенно-грунтовых вод бассейна. Именно депонирующая роль почв как на загрязненных, так и на фоновых территориях способствует формированию бассейнового баланса химических элементов и их соединений [1]. Несмотря на это, загрязнение почв ртутью изучено слабее, чем другие объекты окружающей среды [2].

Ртуть – относительно редкий элемент в земной коре со средней концентрацией 0,083 мг/кг. Однако ввиду того, что ртуть слабо связывается химически с наиболее распространенными в земной коре элементами, ртутные руды могут быть очень концентрированными по сравнению с обычными породами. Наиболее богатые ртутью руды содержат до 2,5% этого элемента. Основная форма нахождения ртути в природе рассеянная, и только 0,02% её заключено в месторождениях [4].

По степени токсичности ртуть относится к первому классу (чрезвычайно опасное химическое вещество). Особенно опасны её выбросы в воду, поскольку в результате деятельности населяющих дно микроорганизмов происходит образование растворимой в воде метилртути. Органические соединения ртути (метилртуть и др.) в целом намного более токсичны, чем неорганические, прежде всего из-за их липофильности и способности более эффективно взаимодействовать с элементами ферментативных систем организма. Ртуть – типичный представитель кумулятивных ядов [5].

Ртуть в почвах распределяется не равномерно и зависит от многих факторов. Про-

странственное распределение ртути связано, в первую очередь, с её содержанием в почвообразующей породе, внутривертикальное – от свойств самой почвы (содержания гумусовых веществ, гранулометрического состава, кислотности почвенного раствора, содержания карбонатов и др.) [6, 7].

Цель исследования – изучить процесс выщелачивания ртути из гумусовых горизонтов основных почв низкогорий в бассейне р. Томь.

Задачи исследования:

1) определить основные свойства исследуемых почв (содержание гумусовых соединений и илестых частиц, кислотность почвенного раствора);

2) определить общее содержание ртути в гумусовых горизонтах исследуемых почв;

3) определить концентрацию ртути в водной и ацетатно-аммонийной (рН 4,8 и 3,0) вытяжках.

Объекты и методы исследования

В почвах процессу выщелачивания за счёт атмосферных осадков в большей степени подвержена их верхняя часть, т.е. гумусовый горизонт. Особенно это важно в период снеготаяния, когда верхняя часть почвенного покрова уже оттаяла и через неё происходит интенсивная фильтрация талых вод, следовательно, и выщелачивание ртути. При этом более нижние горизонты, находящиеся ещё в мёрзлом состоянии, являются водоупором. При выпадении осадков на поверхность почвы в гумидных условиях происходит их подкисление, т.к. в результате разложения опада хвойных древесных пород выделяется много органических кислот. Основное внимание было уделено выщелачиванию ртути из гумусового горизонта водными растворами с различной кислотностью.

Для исследования почвенные образцы отбирали в осенний период (конец сентября – начало октября) с поверхности почв в наиболее представительных биогеоценозах на глубину 10 см:

1. Серые лесные оподзоленные почвы под осиновыми разнотравно-папоротниковыми лесами на бурых бескарбонатных глинах (№ 1).

2. Серые лесные типичные почвы под берёзовыми злаково-разнотравными лесами на бурых бескарбонатных глинах (№ 4).

3. Серые лесные типичные почвы под злаково-разнотравными лугами на бурых бескарбонатных глинах (№ 5).

4. Луговые аллювиальные почвы под разнотравными лугами на песчаных аллювиальных отложениях (№ 15).

5. Дерновые аллювиальные почвы под бобово-злаково-разнотравными лугами на песчаных аллювиальных отложениях (№ 16).

6. Луговые аллювиальные почвы под злаково-разнотравными лугами на песчано-галечниковых аллювиальных отложениях (№ 17).

7. Серые лесные оподзоленные почвы под берёзовыми папоротниково-разнотравными лесами на бурых бескарбонатных глинах (№ 21).

8. Серые лесные типичные почвы под злаково-разнотравными лугами на бурых бескарбонатных глинах (№ 24).

9. Луговые аллювиальные почвы под злаково-разнотравными лугами на песчаных аллювиальных отложениях (№ 26).

10. Дерново-подзолистые типичные почвы под берёзово-пихтовыми папоротниково-разнотравными лесами на бурых бескарбонатных глинах (№ 44).

11. Серые лесные типичные почвы под разнотравно-злаковыми лугами на бурых бескарбонатных глинах (№ 45).

12. Дерново-подзолистые оглеенные почвы под пихтово-осиновыми папоротниково-разнотравными лесами на бурых бескарбонатных глинах (№ 53).

13. Луговые аллювиальные почвы под разнотравно-злаковыми лугами на суглинистых аллювиальных отложениях (№ 60).

14. Дерново-карбонатные почвы под елово-пихтовыми осоковыми лесами на карбонатных делювиальных отложениях (№ 69).

Отобранные образцы гумусового горизонта высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали через сито с диаметром 1 мм. Из подготовленных образцов извлекали водные и ацетатно-аммонийные (рН 3,0 и рН 4,8) вытяжки, которые в дальнейшем анализировали на содержание ртути атомно-абсорбционным методом в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН, в них же определяли общее содержание ртути. Также в каждом почвенном образце в Лабораторию биогеохимии Института водных и экологических проблем СО РАН определяли рН (потенциометрическим методом), содержание гумусовых веществ (по методу Тюрина в модификации Никитина) и гранулометрический состав (пипеточным методом по Качинскому).

Ацетат аммония как вытеснитель удобен в том отношении, что при взаимодействии его с кислыми (ненасыщенными основаниями) почвами, имеющими в коллоидном комплексе обменный водород, образуется слабая уксусная кислота, не оказывающая сильного разрушающего действия на почву, поэтому полученная вытяжка не содержит много полутвердых окислов [8].

Результаты исследования

Полученные данные по содержанию гумусовых веществ и илистых фракций гранулометрического состава показали, что гумусо-

вый горизонт почв в бассейне р. Томь богат как органическими соединениями, так и тонкодисперсными частицами (табл. 1), следовательно, обладает высокой сорбционной способностью для ртути. Реакция почвенного раствора колеблется незначительно – от слабощелочной до нейтральной, что также способствует сорбции ртути.

За счет оптимальных условий для сорбции ртути водные вытяжки из исследуемых образцов гумусового горизонта содержат низкие её концентрации – 0,001-0,006 мг/л, что составляет от 1 до 8% от общего содержания этого элемента в горизонте. В ацетатно-аммонийных вытяжках, независимо от их кислотности, концентрация ртути также незначительна – от 0,001 до 0,003 мг/л.

Таким образом, несмотря на дополнительное подкисление почвенного раствора ацетатно-аммонийным буфером, усиление выщелачивания ртути не существенно. По видимому, это связано с меньшей ролью кислотности почвенного раствора в мобилизации ртути по сравнению с другими почвенными свойствами – содержанием гумусовых веществ и тонкодисперсных частиц.

Анализируя корреляцию концентрации ртути в исследуемых вытяжках с основными свойствами гумусового горизонта (табл. 2), можно отметить: 1) относительно высокие значения коэффициента корреляции почти во всех случаях; 2) обратную зависимость концентрации ртути в исследуемых вытяжках от содержания гумусовых веществ (исключение ацетатно-аммонийная вытяжка с рН 3,0), тонкодисперсных частиц и значений рН, причём чем больше кислотность растворителя, тем теснее обратная зависимость; 3) изменение корреляционной зависимости концентрации ртути от содержания гумусовых веществ с обратной на прямую при увеличении кислотности растворителя.

Исходя из значений коэффициента корреляции, можно сделать вывод, что на процесс выщелачивания ртути из гумусового горизонта исследуемых почв отрицательно влияет содержание гумусовых веществ и илистых фракций гранулометрического состава и положительно – кислотность почвенного раствора. При увеличении кислотности растворителя, действующего на почвенную массу, сорбционная способность тонкодисперсных частиц увеличивается, а у гумусовых веществ и кислотности почвенного раствора, наоборот, иммобилизационное действие на ртуть снижается.

Интересно отметить, что при понижении рН растворителя ниже 4,8 коэффициент корреляции между концентрацией ртути в вытяжке и содержанием гумусовых веществ становится положительным, т.к. происходит вытеснение ртути из содержащих её органических соединений.

Таблица 1

Основные свойства гумусового горизонта исследуемых почв и содержание в нём ртути

№	Гумусовые вещества, %	Илистая фракция, %	рН _s	Содержание ртути			
				в гумусовом горизонте, мг/кг	в водной вытяжке, мг/л	в ацетатно-аммонийной вытяжке, мг/л	
						рН 4,8	рН 3,0
1	9,9	7,4	5,9	0,097	0,001	0,004	0,002
4	8,4	12,2	5,4	0,058	0,003	0,003	0,002
5	8,7	9,6	5,4	0,069	0,001	0,003	0,003
15	2,2	8,1	6,3	0,025	0,002	0,002	0,001
16	6,3	8,6	6,1	0,051	0,002	0,003	0,002
17	8,6	4,2	5,8	0,070	0,005	0,004	0,002
21	4,8	10,7	5,4	0,058	0,002	0,003	0,002
24	8,0	9,6	5,6	0,072	0,003	0,003	0,002
26	9,1	9,3	5,6	0,062	0,001	0,001	0,001
44	9,2	3,6	6,0	0,069	0,003	0,003	0,002
45	6,9	10,9	6,6	0,071	0,003	0,003	0,002
53	5,4	8,0	5,7	0,082	0,006	0,005	0,002
60	7,8	24,5	6,0	0,045	0,002	0,002	0,001
69	8,7	16,2	7,2	0,037	0,002	0,002	0,001

Примечание. Погрешность = 0,001 мг/л.

Таблица 2

Корреляция основных свойств гумусового горизонта и концентрации ртути в исследуемых вытяжках

Свойства	Содержание ртути, мг/кг			
	в гумусовом горизонте	в водной вытяжке	в ацетатно-аммонийной вытяжке	
			рН 4,8	рН 3,0
Содержание гумусовых веществ, %	0,50	-0,18	-0,01	0,20
Содержание илистых фракций, %	-0,44	-0,28	-0,44	-0,46
рН	-0,42	-0,05	-0,25	-0,50

Примечание. Для расчёта корреляции применялось программное обеспечение Microsoft Office Excel 2007.

Выводы

В почвенном покрове низкогорий водосборного бассейна р. Томь сложились оптимальные условия для сорбции ртути – относительно высокое содержание гумусовых соединений и тонкодисперсных частиц. Тем не менее при воздействии атмосферных осадков на гумусовый горизонт исследуемых почв происходит выщелачивание ртути как под действием собственно воды, так и в результате высвобождения в почвенный раствор водорастворимых органических и неорганических кислот, которые его подкисляют, следовательно, увеличивают выщелачивание ртути до 8% от общего её содержания. При увеличении кислотности самих атмосферных осадков существенных изменений в процессе выщелачивания ртути не наблюдается.

Среди основных почвенных свойств, влияющих на выщелачивание ртути из гумусового горизонта исследуемых почв, наибольшую роль играет содержание гумусовых веществ, тонкодисперсных частиц и ионов водорода в почвенном растворе. Из них сильнее всего препятствуют выщелачиванию тонкодисперсные частицы, т.к. на их поверхности происходит сорбция не только ионов ртути, но и ртутьсодержащих органических соединений.

При повышении кислотности растворителя сорбционные свойства илистой фракции гра-

нулометрического состава по отношению к ртути увеличиваются, а у гумусовых соединений, наоборот, снижаются. Причем, если рН растворителя становится меньше 4,8, то сорбционная способность гумусовых веществ по отношению к ртути прекращается.

Библиографический список

1. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. – Новосибирск: Наука, 1975.
2. Евсева Н.С. География Томской области // Природные условия и ресурсы. – Томск, 2001.
3. Салтыков А.В. Экология и свойства дерново-подзолистых почв отрогов Кузнецкого Алатау // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2001. – № 4.
4. Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Главнейшие типы рудных месторождений. – М.: Недра, 1975.
5. Трахтенберг Т.М., Коршун М.Н. Ртуть и ее соединения в окружающей среде. – Киев, 1990.
6. Грановский Э.И., Хасенова С.К., Дарищева А.М., Фролова В.А. Загрязнение ртутью окружающей среды и методы демеркуризации. – Алматы, 2001.

7. Петросян В.С. Глобальное загрязнение окружающей среды ртутью и её соединениями // Россия в окружающем мире: 2006 (аналитический ежегодник) / под общ. ред. Н.Н. Марфенина, С.А. Степанова. – М.: МНЭпу, авант, 2007.

8. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1970.

References

1. Trofimov S.S. Ekologiya pochv i pochvennye resursy Kemerovskoi oblasti. – Novosibirsk: Nauka, 1975.

2. Evseeva N.S. Geografiya Tomskoi oblasti // Prirodnye usloviya i resursy. – Tomsk, 2001.

3. Saltykov A.V. Ekologiya i svoistva derno-podzolistykh pochv otrogov Kuznetskogo Alatau // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2001. – № 4.

4. Vol'fson F.I., Druzhinin A.V. Glavneishie tipy rudnykh mestorozhdenii. – М.: Nedra, 1975.

5. Trakhtenberg T.M., Korshun M.N. Rtut' i ee soedineniya v okruzhayushchei srede. – Kiev, 1990.

6. Granovskii E.I., Khasenova S.K., Darishcheva A.M., Frolova V.A. Zagryaznenie rtut'yu okruzhayushchei sredy i metody demerkurizatsii. – Almaty, 2001.

7. Petrosyan V.S. Global'noe zagryaznenie okruzhayushchei sredy rtut'yu i ee soedineniyami // Rossiya v okruzhayushchem mire: 2006 (analiticheskii ezhegodnik) / pod obshch. red.: N.N. Marfenina, S.A. Stepanova. – М.: МНЭпу, Avant, 2007.

8. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. – М.: MGU, 1970.

