

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ ЭМИССИИ РТУТИ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ УСОЛЬСКОГО РАЙОНА ПРИАНГАРЬЯ

© 2002 г. Е. С. Седых, Р. Х. Зарипов

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск

Поступила в редакцию 06.04.2001 г.

Проведены почвенно-геохимические исследования на территории, находящейся в зоне влияния крупного химического комбината - "Усольхимпром", являющегося основным источником эмиссии ртути в Приангарье (Восточная Сибирь). С целью установления степени влияния техногенной эмиссии ртути на почвы района выполнен групповой фракционный состав гумуса почв с непосредственным определением содержания ртути в вытяжках гумусовых кислот. Выявлено, что интенсивное воздействие ртути вызывает изменения во фракционном составе, нарушая баланс процессов гумификации - минерализации гумуса, которое фиксируется по аномальному преобладанию фракции ГК 3 над ГК 2. Максимальная вариация отношений концентрации ртути и углерода установлена для третьей фракции гумусовых кислот, наиболее прочно связанной с минеральной частью почвы и обладающей повышенной сорбционной емкостью в отношении ртути.

ВВЕДЕНИЕ

Эмиссия технофильных элементов, источниками которой служат крупные промышленные предприятия, является одним из наиболее разрушительных для окружающей среды факторов антропогенного воздействия [28]. Почвенный покров территорий, находящихся в зоне влияния предприятий, испытывает значительное техногенное воздействие, приводящее к трансформации основных свойств почв [4].

С целью выявления антропогенной трансформации свойств почв в зоне влияния химкомбината "Усольхимпром", являющегося основным источником эмиссии ртути и ее соединений в Приангарье, проведено исследование фракционного состава гумуса почв, изменение которого служит критерием трансформации свойств почв [4].

Известные критерии антропогенной трансформации почв основаны на сравнении реальных уровней содержания токсичных компонентов с фоновыми значениями или величинами ПДК, а также их математических отношений в расчетных показателях [12, 13, 28] и выявлении количественных и качественных изменений в свойствах почв. В последнем случае антропогенные изменения охватывают физические [29], агрохимические свойства [21], реакцию среды [2] и другие свойства почв.

Органическое вещество, как наиболее устойчивый компонент почвы, является основным протектором почв от загрязнения токсическими веществами. Однако при длительном техногенном воздействии на гумусную систему почв равновесие между процессами гумификации растительных остатков и минерализацией нарушается. При

этом дальнейшая минерализация гумуса не компенсируется его новообразованием, что фиксируется, в частности, по изменениям фракционного состава гумуса [6].

В условиях интенсивного техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами появляется возможность не только фиксировать содержание углерода в гумусовых кислотах почв, но и непосредственно определять в них концентрацию элементов-загрязнителей [5]. При ртутном загрязнении почв линейная зависимость, отражающая растворимость ртути и углерода, позволяет прогнозировать общую миграционную способность металла в определенных концентрационных условиях [3]. Вероятно, что изменения в гумусной системе почв, в частности во фракционном составе, связаны с образованием органическим веществом и технофильными элементами труднорастворимых органо-минеральных соединений [4]. Совместное определение вариаций содержания углерода и ртути в различных фракциях гумуса почв Усольского промышленного района позволило выявить негативное воздействие этого самого технофильного элемента на гумусную систему почв и всей почвенной толщи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Наиболее интенсивным по масштабам агентом воздействия на окружающую среду Приангарья является ртуть и ее соединения. В Усольском промышленном районе основным источником эмиссии ртути является химический комбинат "Усольхимпром", на котором действуют крупнотоннажные производства, где до недавнего времени в ртутных электролизерах в большом количестве использовалась металлическая ртуть.

!•§

Это предприятие являлось и является основным поставщиком соединений ртути в природные объекты прилегающей к нему территории и цепь водоемов Ангарского каскада (через сточные воды, поверхностный и подземный сток), причем на его долю приходится около черврти эмиссии техногенной ртути в Сибири [15]. Масштабы техногенного воздействия соединений ртути на окружающую среду района позволяют использовать территорию, находящуюся в зоне влияния предприятия, как контрастный полигон для натурального моделирования процессов антропогенной трансформации природных систем, в том числе и на гумусную систему почвенного покрова.

Почвенно-геохимические исследования проведены в междуречье рек Ангары и Белой, на территории расположенной между Усольским промышленным узлом, включающим кроме химкомбината еще несколько крупных предприятий и левым бортом Братского водохранилища (рис. 1). Наиболее контрастными объектами для исследования являются автоморфные почвы, развивающиеся непосредственно вблизи источников загрязнения, и гидроморфные пойменные почвы, которые испытывают наибольшую техногенную нагрузку, ввиду постоянного контакта с водной средой, наиболее загрязненной ртутью. В соответствии с почвенной классификацией региона автоморфные почвы территории исследования представлены главным образом серыми лесными остаточно-карбонатными и дерновыми лесными, а пщроморфные - аллювиально-луговыми почвами [14].

Для изучения взаимоотношений углерода и соединений ртути в гумусовых кислотах почв были выбраны поверхностные дерновые горизонты (AdO, гумусоаккумулятивные (A), переходные (AB) и погребенные под техногенными грунтами или почвенной толщей гумусовые горизонты (Ah) [14]. Была сформирована партия проб из почвенных разрезов, расположенных в непосредственной близости (разр. 1) и в 1.2 км от линии сброса сточных вод ОАО "Усольехимпром" (разр. 2), в районе шламохранилищ и отстойников (разр. 3 и 4), на участке, удаленном на 8.5 км в северо-восточном направлении от цеха ртутного электролиза "Усольехимпрома" (разр. 5), и в пойме Ангары - в 5.2 км (разр. 6) и 3.3 км (разр. 7) от сбросов сточных вод. Местоположение разрезов показано на рис. 1.

Отобранные для исследований почвенные образцы высушивались до воздушно-сухого состояния и после просеивания через сито с размером ячеек 1 мм подвергались комплексу аналитических процедур: определению валовой концентрации ртути, общего Сорг, рН и гранулометрическому анализу, неструктивному рентген-флуоресцентному анализу на основные породообразующие элемен-

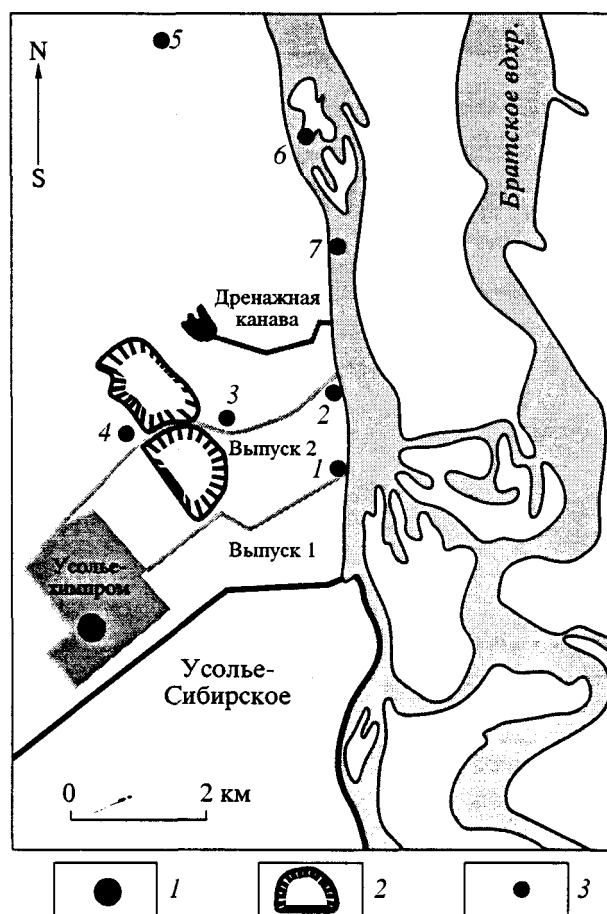


Рис. 1. Схема площади исследований. Обозначения: 1 – основной источник ртутного загрязнения ОАО "Усольехимпром"; 2 – шламохранилища; 3 – местоположение почвенных разрезов.

ты, анализу группового фракционного состава гумуса с выделением различных фракций гумусовых кислот. Последний вид анализа в сочетании с высокочувствительным определением ртути в полученных вытяжках позволил выполнить основную задачу исследований.

Определение группового фракционного состава гумуса проводилось по схеме Тюрина в модификации Пономаревой и Плотниковой [26]. В вытяжках проводилось определение содержания общего Сорг и Сорг ПК, а Сорг ФК вычислялось по их разности. Данная методика позволила выделить в составе почвенного гумуса три фракции гуминовых кислот: ГК 1-ГК 3 и четыре фракции фульвокислот: ФК 1а и ФК 1-ФК 3. Результаты определения группового и фракционного состава гумуса были выражены в процентах от общего содержания органического углерода почвы; все расчеты при этом велись по углероду.

Определение концентрации ртути проводилось в порциях объемом в 100 мл, вытяжек № 1а, 1, 2, 3 гумусовых кислот (не разделенных на ГК и

Таблица 1. Отношение содержания углерода фракций гумуса к С орг почвы

№ разреза	Горизонт, глубина, см	С орг, %	С гк				С фк					С остатка	С гк/С фк
			1	2	3	Σ	1а	1	2	3	Σ		
1	Ah (100–125)	1.54	7.14	15.6	14.9	37.6	10.4	0.7	11.0	10.4	32.5	39.9	1.2
2	Ad (0–3)	1.92	5.2	6.7	18.2	30.1	4.2	2.5	11.1	2.1	19.9	50.0	1.5
3	Ad (0–3)	5.15	4.5	3.1	17.5	25.1	2.7	0.97	18.6	5.8	28.1	46.8	0.9
3	A (3–12)	1.15	13.9	1.8	13.0	28.7	11.3	3.5	7.8	12.2	34.8	36.5	0.8
4	Ad (0–6)	1.64	6.1	3.05	15.2	24.4	6.1	4.8	23.3	1.9	36.1	39.5	0.7
5	Ad (0–3)	2.85	10.2	2.8	9.1	22.1	5.3	5.6	10.5	7.0	28.4	49.5	0.8
5	AB (3–11)	1.22	10.7	7.3	12.3	30.3	4.9	3.2	6.7	9.0	23.8	45.9	1.3
6	Ad (0–4)	1.53	3.9	0.7	15.0	19.6	3.3	3.9	17.6	7.8	32.6	47.8	0.6
6	A (4–15)	3.06	2.9	1.0	7.5	11.4	1.96	4.2	11.7	1.3	19.2	69.4	0.6
7	Ah (80–100)	1.26	2.4	14.3	11.1	27.8	7.6	4.7	13.4	7.9	33.6	38.6	0.8

ФК) и в нерастворимом остатке. Ртуть анализировалась атомно-абсорбционным методом ("холодного пара") на фотометре модели 50 D фирмы "Bacharach", с предварительным концентрированием 10 мл 2% $KMnO_4$ в H_2SO_4 в качестве восстановителя использовался 10 % раствор $SnCl_2$ (аналитик Л.Д. Андрулайтис). Чувствительность анализа Hg составила 0.05 мкг/л. Концентрация ртути в гумусовых кислотах выражалась в мг/кг, а процентное содержание определялось по отношению концентрации во фракции к суммарному количеству ртути во всех фракциях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное авторами изучение распределения ртути в почвах, развивающихся на территории исследований, показало, что концентрация ртути закономерно увеличивается по мере приближения к источнику загрязнения. Наиболее высокой концентрацией - до 10 мг/кг, характеризуются техногенные горизонты почв на участке, где проложены стоки промышленных отходов; в их погребенных гумусовых горизонтах она составляет 2.5 мг/кг. В удаленных от промзоны ненарушенных почвах валовое содержание ртути не* превышает 1 мг/кг, а в пахотных почвах подсобного хозяйства ОАО "Усольехимпром" - 0.05 мг/кг [30]. По сравнению с ПДК в почвах (2.1 мг/кг) [20], сильнозагрязненным являются лишь почвы, расположенные в непосредственной близости от промплощадки, сточных и дренажных канав, шламохранилищ предприятия. Относительно фоновых значений - 0.01 мг/кг [17], все исследованные почвы являются достаточно загрязненными.

В целом распределение ртути в различных типах почв подчиняется определенным закономерностям. Аккумуляция ртути происходит в основ-

ном в верхних органогенных горизонтах. Ранее выявлено, что связь органического вещества и ртути намного прочнее, чем с минеральными компонентами почв [9, 10], благодаря чему ртуть даже при высоких дозах не причиняет вреда растениям и не накапливается в них в токсических концентрациях [23].

В дерновых лесных почвах района наблюдается резкое уменьшение концентрации элемента от дернового к бескарбонатным литогенным горизонтам, а в серых лесных остаточно-карбонатных почвах, характеризующихся повышенной мощностью гумусовых горизонтов, она постепенно уменьшается с глубиной. В серых лесных почвах важную роль в закреплении ртути играет наличие карбонатного геохимического барьера в нижней части разреза.

В результате определения группового фракционного состава гумуса (табл. 1) выявлено, что органогенные горизонты автоморфных и гидроморфных почв характеризуются в основном гуматно-фульватным типом гумуса, с низким процентным содержанием гумуса и достаточно высокой степенью гумификации органического вещества.

Известно, что содержание и соотношение гуминовых кислот различных фракций является важным показателем интенсивности процессов гумусообразования и гумусонакопления, стабильности или подвижности гумуса, показателем плодородия. В гумусовых горизонтах лесных почв России в составе гуминовых кислот чаще всего преобладает фракция ГК 2, предположительно связанная с Са. Доля фракции ГК 2 может достигать 30–35% от общего содержания ГК, а содержание фракций ГК 1 и ГК 3 при этом редко превышает 10% от величины Сорг. Подобное распределение по фракциям присуще и фульвокислотам,

Таблица 2. Содержание ртути в гумусовых кислотах

№ разрезов	Горизонт, глубина, см	Концентрация Hg					
		валовая	1a	1	2	3	остаток
1	Ah (100–125)	0.20	0.000425*	0.015	0.0125	0.018	0.1
			0.29	10.3	8.61	12.3	68.5
2	Ad (0–3)	0.21	0.00055	0.00675	0.0875	0.0875	0.2
			0.14	1.77	22.85	22.84	52.4
3	A (3–12)	0.20	0.00055	0.015	0.01625	0.02125	0.12
			0.32	8.67	9.39	12.3	69.4
4	Ad (0–6)	0.20	0.0005	0.01125	0.0285	0.0625	0.28
			0.13	2.94	7.45	16.30	73.18
5	Ad (0–3)	0.38	0.0007	0.01125	0.0105	0.01375	0.24
			0.25	4.08	3.80	4.97	86.9
5	AB (3–11)	0.25	0.0035	0.0035	0.01125	0.015	0.28
			1.12	1.12	3.55	4.75	89.46
6	Ad (0–4)	36	0.00105	0.1	0.025	1.14	17.0
			0.01	0.55	0.14	6.20	93.1
6	A (4–15)	2.8	0.0005	0.125	0.0375	0.75	1.8
			0.02	4.61	1.38	27.64	66.35
7	Ah (80–100)	0.25	0.00085	0.015	0.019	0.0145	0.22
			0.32	5.57	7.05	5.38	81.68

Примечание. Над чертой концентрация Hg в мг/кг, под чертой - в % от суммарного количества Hg во фракциях.

генетически связанным с ГК [25]. Аналогичное соотношение гумусовых кислот по фракциям характерно также для лесных почв природных экосистем Иркутской обл. [19, 22, 24].

В гумусовых горизонтах изученных почв фиксируется высокий процентный выход гумусовых кислот, связанных с кальцием, обусловленный ФК 2, при низком содержании ГК 2. В составе гу-мусовых кислот отмечается аномально высокая концентрация фракции ГК 3, предположительно связанной с глинистыми минералами, и, в меньшей степени, подвижной фракции ГК 1.

Фиксируемое фракционное содержание гуминовых кислот в почвах, развивающихся в зоне влияния Усольского промышленного района, не соответствует типичному распределению углерода во фракциях гумуса лесных почв.

Несмотря на то, что в настоящее время выявлено негативное влияние антропогенного фактора (сельскохозяйственное освоение, эрозия почв, орошение земель, применение органических и минеральных удобрений, промышленное загрязнение и т.д.) на групповой фракционный состав гумуса, данные о характере изменения гумусного состояния почв являются весьма противоречивыми. В загрязненных выбросами заводов почвах отмечается уменьшение [4, 6] или увеличение от-

ношения Сгк/Сфк [16], степени гумификации, уменьшение доли свободных гуминовых кислот и возрастание содержания ГК прочносвязанных форм. В некоторых случаях наблюдается декальцинация почв, увеличение степени гумификации и гидролиземости при одновременном возрастании содержания подвижных, относительно прочно связанных, фракций гумуса [18, 27]. Наличие разнонаправленных тенденций трансформации гумуса свидетельствует, по-видимому, не только о различной природе компонентов-загрязнителей (органическая, минеральная), но и различной типовой принадлежности изученных почв. Внутри-типичные изменения во фракционном составе гумуса пахотных почв отражаются в сужении отношения Сгк/Сфк, увеличении содержания подвижных фракций гумусовых кислот в лесных почвах и в расширении диапазона отношения Сгк/Сфк, повышении содержания фракций ФК и ГК, связанных с Са, в черноземах [11]. В то же время негативное влияние эрозионных процессов приводит к нивелированию подтиповых различий во фракционном составе гумуса почв [24].

Данные по концентрации ртути в выделенных фракциях гумусовых кислот исследованных почв представлены в табл. 2. Максимальное количество ртути фиксируется в нерастворимом остатке и

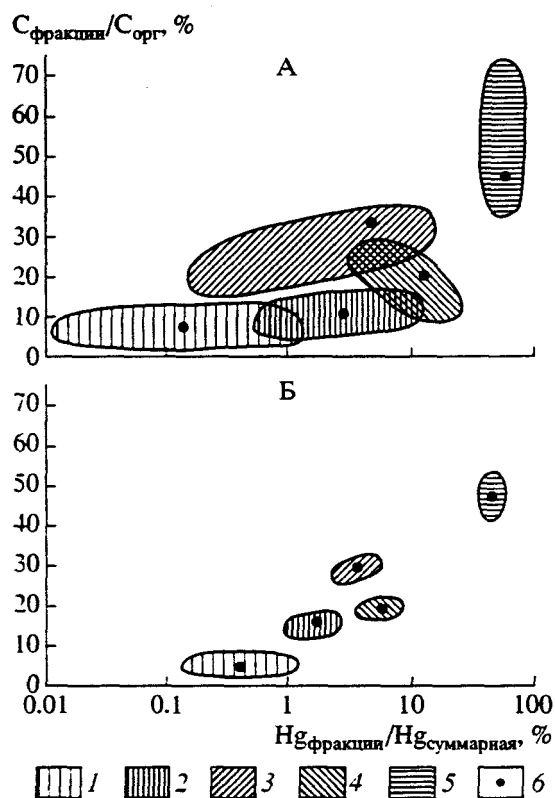


Рис. 2. Кластеризация ртути и углерода гумусовых кислот. Обозначения: А - почвы, испытывающие интенсивное техногенное воздействие; Б - почвы, находящиеся на удалении от источника загрязнения (фоновые). Обозначения: 1 - фракция ФК 1а, -свободная и связанная с подвижными полуторными оксидами; 2 - фракция 1 гумусовых кислот (ГК + ФК), свободная и связанная с подвижными полуторными оксидами; 3 - фракция 2 гумусовых кислот (ГК + ФК), связанная с кальцием; 4 - фракция 3 гумусовых кислот (ГК + ФК), связанная с глинистыми минералами и устойчивыми полуторными оксидами; 5 - нерастворимый остаток; 6 - средние значения кластеров.

третьей фракции гумусовых кислот. В других же фракциях гумуса содержание ртути варьирует в зависимости от генезиса и степени загрязнения почвы. Подвижные формы ртути, связанные с гумусовыми кислотами 1а и 1 фракций, преобладают в подповерхностных гумусово-аккумулятивных горизонтах загрязненных и поверхностных дерновых горизонтах оптимально развивающихся почв. В гумусовых горизонтах аллювиально-луговых почв содержание мобильной ртути увеличивается с глубиной.

Закрепление ртути в гумусовых кислотах, достаточно прочно связанных с минеральной частью почвы, служит, в некоторой степени, критерием деформации и деструкции почв. Образование связи ртути с кальциево-гумусовыми комплексами (фракция 2) и органо-минеральными соединениями (фракция 3) максимально фиксируется в загрязненных разрезах 1-4 на территории, расположен-

ной вблизи промзоны. В ненарушенных почвах, удаленных от источника загрязнения, наблюдается незначительная разница в количестве ртути во второй и третьей фракциях гумусовых кислот. В почвах гидроморфного генезиса основное количество ртути связано с наиболее прочно закрепленными фракциями гумуса. В поверхностных горизонтах почв основное количество ртути связано с нерастворимым остатком. В средней части профиля данных почв она присутствует в значительном количестве в органо-минеральных комплексах, а в погребенных слоях, кроме подвижных форм, наблюдается увеличение содержания ртути в составе гумусовых кислот, ассоциируемых с кальцием.

Таким образом, максимальное количество ртути, связанной с нерастворимой фракцией, фиксируется в гидроморфных почвах и оптимально развивающихся серых лесных почвах, а минимальное - в гумине техногенных почв.

Закономерности антропогенной трансформации гумусного состояния исследованных почв достаточно четко выявляются при анализе пространственных полей отношений содержания органического углерода и ртути представленных в виде кластеров [1]. На рис. 2 показаны кластеры процентного содержания углерода и ртути во фракциях гумуса различных типов почв. При рассмотрении пространственного расположения полей концентрации содержания углерода и ртути для почв различного генезиса обнаруживаются заметные различия в соотношении кластеров различных фракций гумусовых кислот. В "фоновых" почвах (рис. 2Б) наблюдается квазилинейный характер расположения кластеров в направлении от первой фракции до нерастворимого остатка. Полученная зависимость отражает степень увеличения закрепления ртути при уменьшении растворимости гумусовых кислот.

Указанный характер расположения кластеров углерода и ртути нарушается для сильнозагрязненных почв, развивающихся вблизи промзоны и гидроморфных аллювиально-луговых почв (рис. 2А). В последних кластеры фракций гумуса распределены относительно хаотично, что обусловлено, главным образом, поступлением ртути через водную среду, что вызывает иной тип трансформации гумусовой системы почв.

Общей тенденцией гумусовых горизонтов изученных почв является увеличение в них содержания органического углерода при увеличении поступления ртути. Выявленный факт согласуется с известной линейной зависимостью, отражающей растворимость ртути и углерода в почвах [3]. Аномально высокое содержание углерода и ртути в гуминовых кислотах фракции 3 свидетельствует о том, что антропогенная трансформация гумусной системы почв затрагивает фракции гуму-

са, наиболее прочно связанные с минеральной частью почв.

Полученные данные по влиянию ртути на гумусовую систему почв, развивающихся в зоне влияния Усольского промышленного района, показывают, что распределение соединений ртути в гумусовых кислотах носит двойственный характер. С одной стороны, накладывало* на конкретный тип гумусообразования, соединения ртути подчиняются основным закономерностям, генетически выработанным почвой. Подвижные формы ртути, связанные с гумусовыми кислотами фракций 1а и 1, образуются в поверхностных дерновых горизонтах, а затем аккумулируются в нижележащих слоях. В гумусово-аккумулятивных горизонтах за счет подвижных форм гумуса происходит накопление и обновление гумусовых кислот, более прочно закрепленных с минеральной частью почвы и, соответственно, ассоциирующейся с ними ртути. Высокая концентрация ртути в нерастворимом остатке гумуса обусловлена нерастворимыми прочносвязанными гумусовыми веществами в подповерхностных (А) горизонтах и органическими веществами неспецифической природы, присутствующими в больших количествах в поверхностных горизонтах (Ad) почв. В целом, при усложнении органо-минеральных комплексов гумуса происходит увеличение содержания ртути. Другой стороной процесса является влияние ртути на органическое вещество почв, приводящее, как правило, к нарушению баланса гумификации - минерализации во фракционном составе гумуса.

Понимание гумуса как сложной системы взаимосвязанных гумусовых веществ позволяет предположить, что гумус может сохранять свои свойства на определенном уровне при значительных антропогенных нагрузках в результате процессов перегруппировки макромолекул гумусовых кислот или их частей [7, 8]. Результаты натурального моделирования процесса интенсивного техногенного воздействия на почвы территории исследований показало, что изменения гумусного состояния почв происходят, по-видимому, вследствие действия не только техногенных, но и в некоторой степени природных факторов. К техногенным факторам относятся механические нарушения почв, миграция ртути со сточными и подземными водами с промшюшадки и из шламохранилищ, а к природным можно отнести негативное воздействие широко распространенных на территории засоленных грунтовых вод натриевого-хлоридного состава, которые способствуют слитизации почв. Под общим воздействием этих факторов происходит, по-видимому, перегруппировка основных частей гумуса, выражающаяся в увеличении доли фракций гумусовых кислот, связанных с частями минерального субстрата, которые характеризуются повышенной сорбционной емкостью в отно-

шении техногенной ртути. Наиболее высокими сорбционными свойствами в почвах обладают подвижные и прочносвязанные гидроксиды железа и алюминия, а также глинистые минералы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Натурное моделирование процессов, происходящих в зоне влияния Усольского промышленного района, позволило выявить некоторые аспекты антропогенной трансформации гумусной системы почв, испытывающих интенсивное техногенное воздействие.

В изученных почвах, по мере усложнения органо-минеральных комплексов гумуса, происходит увеличение концентрации связанной с ними ртути. Минимальное количество соединений ртути содержится в водорастворимой фракции, а максимальное - в нерастворимом остатке гумуса. Техногенная эмиссия ртути оказывает влияние на органическое вещество почв и вызывает изменения во фракционном составе гумуса.

В почвах, развивающихся на значительном удалении от источников техногенного воздействия, наблюдается близкое к типичному распределение углерода по фракциям гумусовых кислот и квазилинейная зависимость между содержанием ртути и прочностью органо-минеральных соединений.

Вблизи источников загрязнения под воздействием мощной техногенной эмиссии ртути в гумусной системе автоморфных почв происходит нарушение баланса процессов гумификации - минерализации, которое фиксируется, в первую очередь, по аномальному преобладанию ГК 3 над ГК 2. Максимальная вариация отношений концентрации ртути и углерода во фракции 3 показывает, что изменение гумусной системы, связанное с мощной техногенной эмиссией ртути, затрагивает в большей степени фракцию, которая наиболее прочно связана с минеральной частью почв и обладает высокой сорбционной емкостью в отношении ртути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемьев В.Е.* Геохимия органического вещества в системе река-море. М.: Наука, 1993. С. 167-172.
2. *Большаков В.А., Борисочкина Т.Н.* Группировка почв по устойчивости к воздействию тяжелых металлов с целью ее картографического отражения // Тез. докл. второго съезда общества почвоведов. Санкт-Петербург, 27-30 июня 1996 г. М., 1996. Кн. 1. С. 149-150.
3. *Варишил Г.М., Кошечева И.Я., Хушвахтова С.Д. и др.* О механизме сорбции ртути(II) гуминовыми кислотами // Почвоведение. 1998. № 9. С. 1071-1078.

4. Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв / Под ред. Л.А. Гришиной. М.: Изд-во МГУ, 1990. 205 с.
5. *Гришина Л. А., Копцик Г.Н., Макаров М.М.* Трансформация органического вещества почв. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1990. 88 с.
6. *Гутиева Н.М.* Влияние выбросов промышленных предприятий через атмосферу на содержание и состав гумуса дерново-подзолистых почв // Докл. ТСХА'. 1980. Вып. 258. С. 81-85.
7. *Дергачева М.М.* Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение. 1984. 152 с.
8. *Дергачева М.М.* Система гумусовых веществ почв. Новосибирск: Наука, Сиб. отделение, 1989. 10 с.
9. *Звонарев Б.Л., Зырин Н.Г.* Закономерности распределения ртути в почвах вблизи источника загрязнения // Почвоведение. 1981. № 4. С. 32-39.
10. *Зырин Н.Г., Звонарев Б.А., Садовникова Л.К., Воронова Н.М.* Распределение ртути по профилю почв равнинной части Северной Осетии // Почвоведение. 1981. № 9. С. 40-48.
11. *Казеев К.Ш., Колесников С.М., Вальков В.Ф.* Гумусное состояние почв предгорий северо-западного Кавказа // Почвоведение. 1998. № 7. С. 848-853.
12. *Калецкая Г.Н.* Оценка загрязнения почв республики Беларусь тяжелыми металлами // НТИ и рынок. 1997. № 10. С. 23-24.
13. *Карпачевский Л.О.* Прогнозирование процессов загрязнения почв (и биосферы) // Вестник МГУ. Сер. 17. 1993. № 3. С. 65-69.
14. Классификация и систематика почв южной (освоенной) части Иркутской области. Часть 1. Проблемы генетической классификации. Таежно-лесные почвы. Методические указания / Под ред. Г.А. Воробьевой. Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 1999. 46 с.
15. *Коваль П.В., Калмычков Г.В., Гелетий В.Ф., Лавров С.М.* Ртуть в Братском водохранилище // Водные ресурсы Байкальского региона: проблемы формирования и использования на рубеже тысячелетий. Мат. научно-практической конф., Иркутск, 6-9 октября 1998 г. Иркутск: Институт географии СО РАН. 1998. Т. 1. С. 105-106.
16. *Колчаков Иван, Глогова Диляна.* Изменение в хумусата система на сива горска почва и резултат от антропогенна дейнаст // Почвоведение, агрохимия и экология. София, 1998. Год. XXXI П. Книжка № 6. С. 71-72.
17. Краткий справочник по геохимии / Под ред. Г.В. Войткевич, А.Е. Мирошникова, А.С. Поваренных, В.Г. Прохорова. М.: Недра, 1970. 280 с.
18. *Кремленкова Н.П., Гапонюк Э.И.* Изменение состава гумуса и ферментативной активности почв под влиянием фторида натрия // Почвоведение. 1984. № 11. С. 73-77.
19. *Макеев О.В.* Дерновые таежные почвы юга Средней Сибири. Улан-Удэ: Бурятское кн. изд-во, 1959. 347 с.
20. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами // М.: Минздрав СССР, 1987. 25 с.
21. *Минеев В.Г., Ремпе Е.Э.* Агрохимия, биология и экология почвы. М.: Росагропромиздат, 1990. 206 с.
22. *Надеждин Б.В.* Лено-Ангарская лесостепь. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 328 с.
23. *Обуховская Т.Д., Каплунова Е.В., Сердюкова А.В.* Цинк, кадмий, ртуть, свинец в системе почва-растение // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1983. Вып. XXXV. С. 27-32.
24. Органическое вещество почв юга Средней Сибири / Под ред. М.А. Корзуна. Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 1989. 160 с.
25. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.М.* Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.
26. Практикум по агрохимии. Учебное пособие / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
27. *Прокопович Е.В., Кайгородова С.Ю.* Трансформация гумусного состояния почв под воздействием выбросов среднеуральского медеплавильного завода // Экология. 1999. № 5. С. 375-378.
28. *Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др.* Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
29. *Сапожников П.М.* Деградация физических свойств почв при антропогенных воздействиях // Почвоведение. 1994. № 11. С. 60-66.
30. *Седых Е.С., Коваль П.В., Зарипов Р.Х.* Распределение ртути в почвах Усольского агропромышленного района // Экология Байкала и Прибайкалья. Тез. докл. Всероссийского научно-практического молодежного симпозиума. Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 1999. С. 114-115.

The Impact of Technogenic Mercury Emissions on the Humus State of Soils in the Usol'e District of the Angara Region

E. S. Sedykh and R. Kh. Zaripov

Soil-geochemical research was conducted in the area polluted by the ШОГЕКЫТРОТ chemical plant, the main source of mercury emissions in the Angara region of eastern Siberia. Humus fractionation and direct determination of mercury contents in extracts of humus acids were performed in order to estimate the impact of mercury compounds on local soils. It was found that heavy mercury loads cause changes in the fractional composition of humus and disturb the balance of humification-mineralization processes, which results in the abnormal prevalence of the third fraction of humus acids over the second fraction. The maximum variability in the ratio between mercury and carbon concentrations was observed in the third fraction of humus acids that is most firmly bound with the mineral part of soils and has an increased sorption capacity with respect to mercury.