

Эколого-геохимическая оценка уровней загрязнения тяжелыми металлами и серой бугристых торфяников юга Таймыра

Т. Т. ЕФРЕМОВА, С. П. ЕФРЕМОВ

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28
E-mail: efr2@ksc.krasn.ru*

АННОТАЦИЯ

Показано, что бугристые торфяники являются информативными объектами техногенных изменений природной среды. Установлено: активное накопление тяжелых металлов и серы происходит в верхних 5, реже 15 см торфяной залежи. Прохождение техногенных потоков сквозь торфяную толщу не превышает 30–35 см. Контроль негативных изменений под влиянием выбросов серы целесообразно проводить в болотных экосистемах долины р. Рыбная, под воздействием тяжелых металлов – вблизи промышленных предприятий г. Норильска и Талнаха.

Ключевые слова: бугристые торфяники, техногенное загрязнение, никель, медь, кобальт, свинец, сера.

Согласно болотному районированию Красноярского края [Пьявченко, 1963], объектами исследования стали экосистемы полигональных болот, плоско- и крупнобугристых торфяников, общим признаком которых является чередование бугров, т. е. возвышенных мерзлых участков торфяного массива с тальми понижениями. Активному заболачиванию, заторфовыванию и заозериванию территории юга Таймыра способствует положительный водный баланс, обусловленный превышением осадков над испарением при недостаточном стоке в пониженных элементах рельефа, а также криогенные геологические факторы и сопутствующие им явления – термокарст, солифлюкция, мерзлотное пучение и растрескивание почвогрунтов, поверхностное и глубинное ледообразование, абляция, суффозия и другие. Характерной особенностью природно-территориальных комплексов Приенисейского Заполярья является широ-

кое развитие сульфидной медно-никелевой минерализации [Дюжиков и др., 1988]. Все эти факторы в своем совокупном взаимодействии ведут к естественной реконструкции во времени и пространстве не только современного почвенно-растительного покрова, но и усилению локальной денудации органогенной геологической породы – разнообразных по составу и свойствам свит торфяных залежей. Очевидно, что наложение на эти процессы техногенно-антропогенного прессинга неизбежно вызывает в коренных типах болотных экосистем адекватные ответные реакции вплоть до глубокого изменения их состава и свойств.

Гидроморфно-криогенные ландшафты юга Таймыра обладают признаками высокой индикаторной “чувствительности” по отношению к уровням и характеру техногенного загрязнения в зависимости от господствующего направления розы ветров и удаленности от

эпицентра Норильского промышленного района (НПП). Главными источниками загрязнения промзоны г. Норильска являются долговременные промышленные выбросы с высокими концентрациями тяжелых металлов и серы. Выявление техногенных аномалий, в пределах которых концентрации элементов больше фоновых значений, является одной из важнейших эколого-геохимических задач [Перельман, Касимов, 1999]. При мониторинге торфяных болот НПП, в соответствии с Международной программой [International Co-operative Programme..., 1990], ранее изучались гидрохимические особенности вод, показатели кислотности, катионообменные свойства и гумусное состояние торфяных почв, а также содержание биогенных макроэлементов – С, N [Ефремова, Ефремов, 2006, 2007; Efremova, Efremov, 2010]. В настоящей статье сосредоточено внимание на анализе типичных стратиграфических колонок торфяных залежей, содержащих эффекты техногенного загрязнения серой и тяжелыми металлами.

В задачи исследований входило: выяснить, какие преобразования испытывают криогенные массивы болот под влиянием промышленного загрязнения; проследить глубину прохождения техногенных потоков и специфику их распределения по горизонтам торфяной залежи; количественно оценить локальный уровень техногенного загрязнения бугристых торфяников.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Все натурные работы на территории НПП выполнены на ключевых топо-экологических профилях бугристых комплексов. Они характеризуются специфическими системами крупных торфяных бугров (3–4 м) и менее высоких (1,5–2 м) плоскобугристых блоков мерзлотного пучения. В большинстве своем плоскобугристые блоки испещрены пятнами “голового” торфа (таликами) в форме медальонов, округлых и пальчато-сегментированных поверхностей.

Торфяные массивы (с условными названиями) расположены на различных расстояниях от промышленных предприятий г. Норильска и ориентированы по частям света.

Северо-восточное направление представлено следующими объектами: торфяник Оганер – левобережье заболоченной долины р. Норильская (пригород г. Норильска), торфяник Талнах – правобережье заболоченной долины р. Норильская (г. Талнах). Западное направление: торфяник Кайеркан – левобережье заболоченной долины р. Амбарная (г. Кайеркан), торфяник Алькель – обнажение торфяного бугра в районе трассы Алькель – Вологочан. Юго-восточное направление: торфяник Блудный – побережье оз. Мелкое, торфяник Нижний Омнутах – вблизи устья р. Нижний Омнутах; торфяники заболоченной долины р. Рыбная: Омнутах – правобережье р. Омнутах в 22 км от г. Норильска, Чопко – вблизи устья р. Чопко в 45 км от города, Омнэ – левобережье р. Быстрая в 70 км от города, Деличи – приозерная долина оз. Кета (лайда Конон) в 85 км от г. Норильска.

Образцы торфяных почв отбирали до границы вечной мерзлоты в пределах 30–50 см, в торфянике Оганер из обнаженной стенки бугра до уровня мерзлотного горизонта 80 см. Валовое содержание серы в торфах определяли после мокрого озоления смесью хлорной и азотной кислот в соотношении 1 : 3. Разбавленный дистиллированной водой раствор пропускали через колонку с катионитом в H^+ -форме. Определение сульфат-ионов выполняли объемным методом в присутствии нитрхромазо [Минеев и др., 2001]. Валовое содержание тяжелых металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии после предварительного кислотного разложения торфа [Методические указания..., 1992]. В работе использовали атомно-абсорбционный спектрофотометр SOLAAR M5 (Intertech Corporation, Англия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщенные по Норильскому промышленному району данные, судя по коэффициенту вариации, отражают высокую изменчивость содержания тяжелых металлов и серы в оттаивающей толще бугристых торфяников (табл. 1). Наибольшая концентрация всех металлов выявлена севернее г. Норильска в массивах Оганер и Талнах. Уровень со-

Содержание тяжелых металлов и серы в толще бугристых торфяников 0–30(50) см ННР

Статистики	Химические элементы, мг/кг				
	Ni	Cu	Co	Pb	S
Северо-восточное направление: торфяники Оганер, Талнах					
Среднее	222,89 ± 127,25	210,26 ± 103,24	13,71 ± 7,41	7,53 ± 4,92	2391,2 ± 147,3
Минимум	7,75	34,22	1,29	0	1341,0
Максимум	2000,0	1341,3	122,0	77,9	3310,0
Cv, %*	228	190	216	261	24
Западное направление: торфяники Кайеркан, Алькель					
Среднее	75,99 ± 47,35	100,88 ± 61,60	6,28 ± 1,32	1,30 ± 0,56	2777,2 ± 83,9
Минимум	7,03	13,63	1,50	0,03	2226,60
Максимум	780,1	994,2	24,79	9,0	3181,30
Cv, %	249	244	84	172	12
Юго-восточное направление: торфяники Блудный, Нижний Омнутах					
Среднее	42,87 ± 18,06	67,48 ± 21,25	3,42 ± 0,62	1,54 ± 0,62	7403,5 ± 1526,3
Минимум	8,65	24,74	1,18	0,03	1340
Максимум	405,41	487,87	11,94	19,40	25070
Cv, %	202	151	87	288	75
Долина Рыбная: торфяники Омнутах, Чопко, Омнэ, Деличи					
Среднее	50,87 ± 15,87	87,56 ± 27,43	3,53 ± 0,73	1,10 ± 0,36	7422,2 ± 1291
Минимум	8,41	16,52	0,87	0	1661
Максимум	244,7	436,4	11,85	5,48	21260
Cv, %	125	125	82	131	70

*Cv, % – коэффициент вариации.

держания никеля и меди, несколько более 200 мг/кг, оценивается как очень высокий по шкале А. И. Обухова [Перельман, Касимов, 1999]. На других направлениях уровень содержания никеля и меди повышенный и высокий – 42,9–100,9 мг/кг. По оценочной шкале А. И. Обухова, количество кобальта и свинца во всех торфяных массивах низкое. Максимальное содержание серы несколько более 7000 мг/кг обнаружено в торфяниках юго-восточного направления – массивы Блудный, Нижний Омнутах и по долине р. Рыбная. В болотных экосистемах западнее и северо-восточнее г. Норильска концентрация серы снижена в среднем почти в 4 раза.

Распределение тяжелых металлов по профилю залежей неравномерное. Наибольшая концентрация обнаруживается в толще мощностью 10 см с максимумом в поверхностном горизонте 0–2 см. С глубиной содержание элементов, как правило, резко сокращается.

Поведение серы характеризуется в целом сходным трендом, но снижение содержания по профилю происходит не скачкообразно, а в большинстве случаев равномерно. В качестве примера на рис. 1–3 представлено распределение тяжелых металлов и серы в профиле торфяных массивов Оганер, Блудный, Нижний Омнутах, Омнутах, Чопко, Омнэ, Деличи.

Методологической основой оценки степени промышленного загрязнения почв в отечественной литературе является коэффициент аномальности – отношение среднего содержания элемента в загрязненной почве к его природной норме (местному геохимическому фону). При отсутствии детальных исследований фоновой ландшафтно-геохимической структуры болотных комплексов ННР в качестве фоновых показателей использовали средневзвешенное содержание тяжелых металлов в профиле изучаемых торфяников

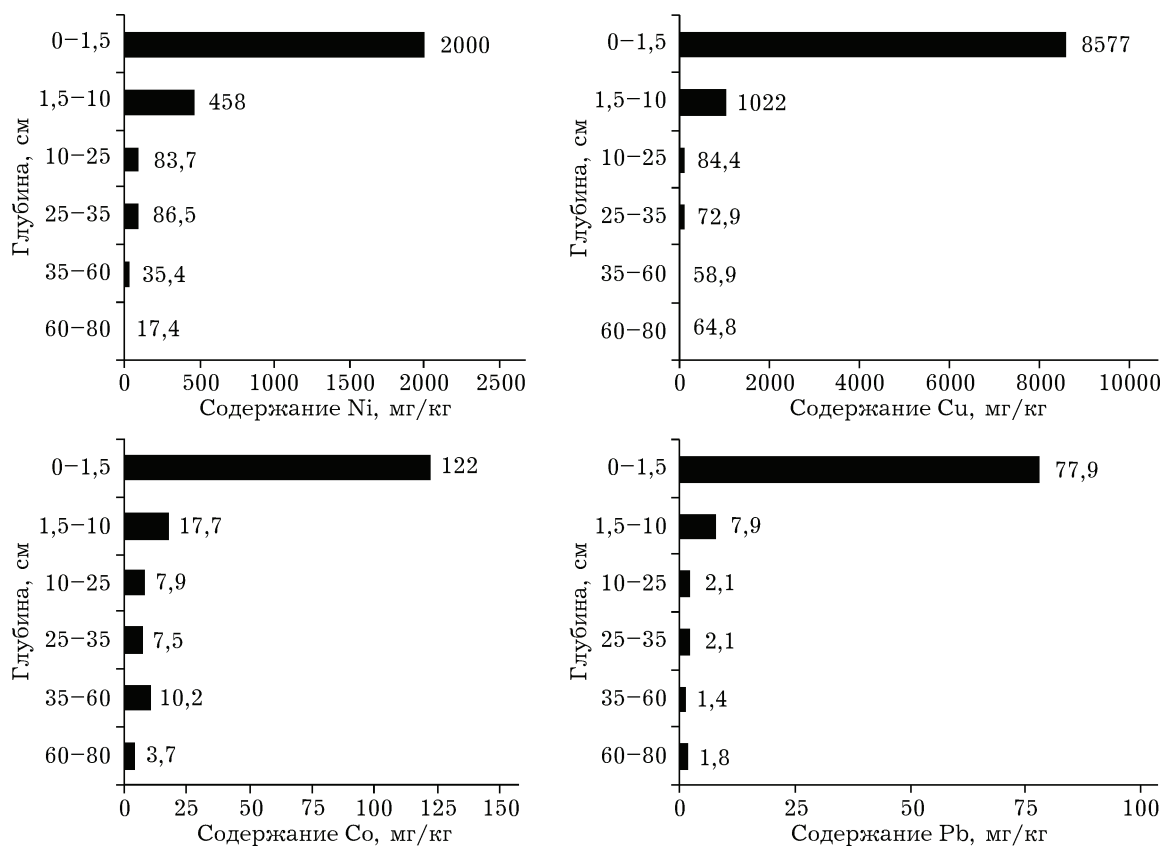


Рис. 1. Распределение тяжелых металлов (Ni, Cu, Co, Pb) в профиле торфяного массива Оганер

за пределами ореолов концентрации элементов. Например, в торфянике Блудный выделили толщу 10–50 см, Нижний Омнутах – 2–50 см, в торфянике Оганер 35–80 см и т. д. В обозначенных зонах этих и других торфяных массивов содержание металлов по сравнению с вышележащими горизонтами относительно стабильно, хотя некоторые флуктуации имеют место, что вполне естественно.

Приведенные в табл. 2 данные показывают, что региональный фон торфяных залежей НПП составляет: Ni – 15,0 мг/кг, Cu – 37,6, Co – 3,3, Pb – 0,52, S – 2790 мг/кг. По сравнению с кларками низинных торфяных почв гумидной зоны Европейской части России [Крештапова, 1991] кларки концентрации металлов в исконной части торфяных залежей, не преобразованной техногенезом, выше по никелю и кобальту в 2 раза, меди – в 5 раз. Это вполне логично: к Приенисейскому мегаблоку приурочены уникальные

медно-никелевые месторождения Норильского рудного района.

Техногенные аномалии имеют обычно полиэлементный состав. Поэтому для эколого-геохимической оценки степени промышленного загрязнения бугристых торфяников НПП использовали несколько критериев.

1. Коэффициент концентрации (аномальности) химического элемента – отношение среднего значения концентрации металла в загрязненной почве к его природной норме (местному геохимическому фону). Коэффициент рассчитывается по формуле [Саэт и др., 1990]:

$$K_C = C_i / C_{\phi},$$

где K_C – коэффициент аномальности, C_i – средняя концентрация i -го химического элемента в исследуемом объекте, C_{ϕ} – фоновое содержание этого элемента.

2. Коэффициент среднего накопления химических элементов R_X , [Янин, 2003], кото-

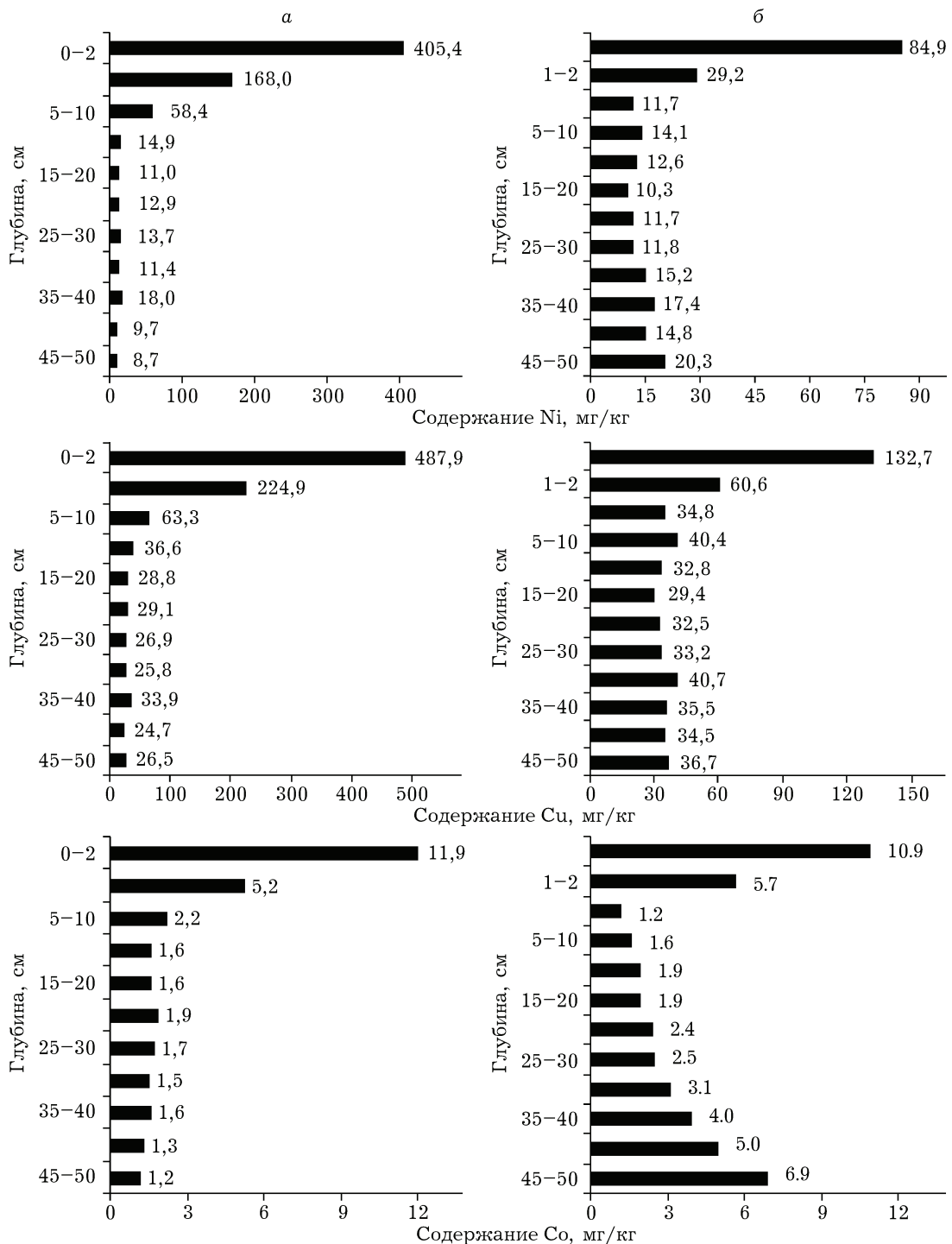


Рис. 2. Распределение тяжелых металлов (Ni, Cu, Co) в профиле торфяных массивов Блудный (а) и Нижний Омнугах (б)

рый характеризует среднюю интенсивность аномалии:

$$R_X = 1/n \sum (C_i/C_{\phi}),$$

где C_i – концентрация i -го элемента в изучаемом компоненте, C_{ϕ} – его фоновое содер-

жание, n – количество элементов, входящих в ассоциацию.

3. Суммарный показатель загрязнения Z_C отражает аддитивное превышение фоновго уровня группой ассоциирующихся элементов [Саеt, Ревич, Янин и др., 1990]:

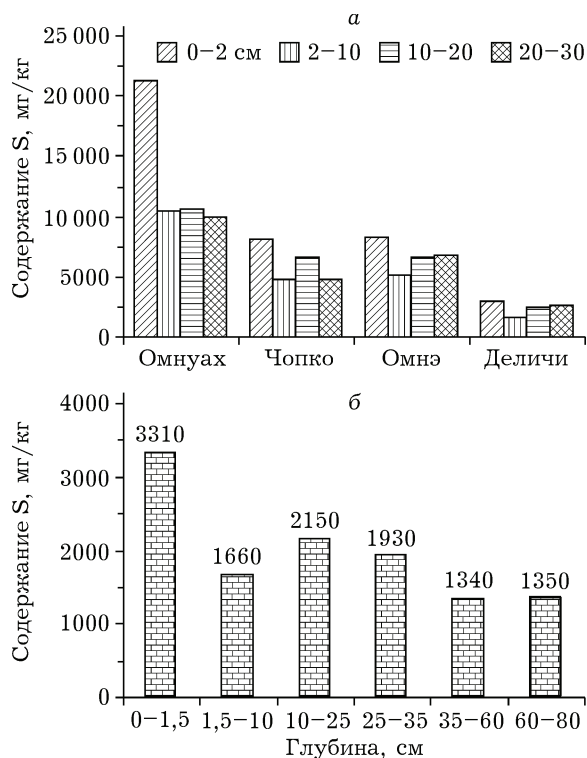


Рис. 3. Распределение серы в профиле торфяных массивов долины р. Рыбная: а – Омнутах, Чопко, Омнэ, Деличи; б – Оганер

$$Z_C = \sum K_C - (n - 1),$$

где K_C – коэффициент техногенной концентрации химического элемента, больший 1 (или 1,5), n – число элементов, входящих в ассоциацию с $K_C > 1$.

4. Показатель участия химического элемента в геохимической ассоциации M_C , % отражает процентную долю участия химического элемента в ассоциации и используется для характеристики ее структуры [Сорокина и др., 1984]:

$$M_C \% = (K_C - 1) / Z_C \cdot 100 \%,$$

где K_C – коэффициент концентрации химического элемента, Z_C – суммарный показатель загрязнения.

Коэффициент среднего накопления химических элементов R_X , рассчитанный на основе регионального фона, характеризует самый высокий уровень аккумуляции тяжелых металлов в верхних 5 см всех торфяных залежей и активно снижается с глубиной (табл. 3). По уровню накопления Ni, Cu, Co и Pb в верхних горизонтах массивы последовательно располагаются в убывающий ряд: Оганер > Талнах > Блудный \approx Кайеркан > Омнутах > Омнэ \approx Алыкель \approx Нижний Омнутах > Чопко \approx Деличи. Болотные экосистемы с наиболее высокими коэффициентами среднего накопления химических элементов ($R_X = 7,7-54,0$) характеризуются в соответствии с геохимической формулой следующей специализацией: Оганер – медно-никелевой, Кайеркан, Нижний Омнутах – никелево-медной, Талнах, Блудный – свинцово-никелевой.

Суммарный показатель загрязнения Z_C , который отражает аддитивное превышение фонового уровня группой ассоциирующихся элементов, характеризует чрезвычайно опасный уровень загрязнения тяжелыми металлами слоя 0–5 и 0–10 см в торфянике Оганер (оценка по: [Сагет и др., 1990]). Очень близок к нему по степени загрязнения массив Талнах с чрезвычайно опасной степенью загрязнения верхних 5 см и высокоопасной слоя 0–10 см. Торфяные массивы Кайеркан и Блудный характеризуются в обсуждаемых горизонтах высокоопасным и умеренно опасным уровнем загрязнения. Умеренно опасно загрязнены поверхностные горизонты торфя-

Т а б л и ц а 2

Региональный фон (средневзвешенное содержание) тяжелых металлов и серы в торфяниках НПП в пределах оттаивающей толщи, мг/кг

Элемент	Региональный фон	Пределы колебаний	Кларк низинной торфяной почвы*	Кларк концентрации**
Никель	15,04 ± 0,847	7,03–35,4	7,0	2,2
Медь	37,59 ± 2,506	13,63–84,4	7,5	5,0
Кобальт	3,29 ± 0,292	0,87–10,2	1,3	2,5
Свинец	0,52 ± 0,103	0,03–2,1	2,3	0,2
Сера	2790 ± 111,91	1340–4470	Нет данных	–

* Гумидная зона Европейской части России: по [Крештапова, 1991]. **Фон/кларк – безразмерная величина.

Оценка техногенного загрязнения бугристых торфяников НПР по интенсивности накопления тяжелых металлов

Название массива	Мощность слоя, см	R_x	Структура полиэлементного состава	Z_c	Категория почв по степени загрязнения
Оганер	0–5	54,0	$Cu_{40} Ni_{25} Pb_{25} Co_6$	215	Чрезвычайно опасная
	0–10	37,2	$Cu_{38} Ni_{31} Pb_{23} Co_6$	146	То же
Талнах	0–5	33,3	$Pb_{34} Ni_{33} Cu_{27} Co_5$	130	»
	0–10	18,7	$Pb_{36} Ni_{32} Cu_{25} Co_5$	75	Высокоопасная
Кайеркан	0–5	13,2	$Ni_{48} Cu_{28} Pb_{16} Co_6$	50	То же
	0–10	7,6	$Ni_{47} Cu_{27} Pb_{16} Co_6$	28	Умеренно опасная
Алыкель	0–5	2,2	$Ni_{43} Co_{33} Pb_{24}$	6	Допустимая
	0–10	2,6	$Ni_{45} Pb_{24} Co_{21} Cu_{12}$	8	То же
Блудный	0–5	13,8	$Pb_{49} Ni_{32} Cu_{15} Co_3$	52	Высокоопасная
	0–10	8,4	$Pb_{49} Ni_{32} Cu_{14} Co_2$	30	Умеренно опасная
Нижний Омнутах	0–2	2,2	$Ni_{43} Cu_{29} Co_{28}$	7,0	Допустимая
	0–10	0	–	0	Не загрязнена
Омнутах	0–5	7,7	$Ni_{42} Cu_{31} Pb_{22} Co_5$	25	Умеренно опасная
	0–10	7,1	$Ni_{43} Cu_{32} Pb_{20} Co_4$	21	То же
Чопко	0–5	1,7	$Ni_{56} Cu_{22} Pb_{22}$	4	Допустимая
	0–10	1,1	Ni_{100}	2	То же
Омнэ	0–5	2,3	$Ni_{32} Co_{28} Pb_{16} Cu_8$	6	»
	0–10	1,8	$Ni_{36} Co_{34} Cu_6 Pb_5$	4	»
Деличи	0–5	1,5	$Pb_{76} Ni_{28}$	4	»
	0–10	1,3	Pb_{100}	3	»

П р и м е ч а н и е. R_x – коэффициент среднего накопления химических элементов; Z_c – суммарный показатель загрязнения.

ника Омнутах в долине р. Рыбная. Все остальные массивы относятся к категории допустимой степени загрязнения. Итак, ближайшие по всем направлениям к Норильской промышленной зоне бугристые торфяники в пределах верхних 10 см в той или иной степени загрязнены тяжелыми металлами. По возрастанию степени загрязнения торфяники НПР выстраиваются в следующий ряд: Деличи \cong Чопко \cong Омнэ \cong Нижний Омнутах \cong Алыкель < Омнутах < Кайеркан \cong Блудный < Талнах < Оганер. Таким образом, чрезвычайно опасно загрязнены тяжелыми металлами болотные экосистемы северо-восточного направления, расположенные в эпицентре техногенной эмиссии.

Коэффициенты концентрации серы, рассчитанные относительно регионального фона в торфяных массивах НПР (2790 мг/кг), позволяют сделать заключение, что основной поток техногенных выбросов серы аккумулируется в болотных экосистемах юго-восточ-

ного направления (массив Нижний Омнутах) и по долине р. Рыбная (табл. 4). В заболоченной долине устья р. Омнутах содержание серы в пределах толщи 0–30 см торфяного массива превышает фон в 5–8 раз. Торфяники Чопко и Омнэ, удаленные от источников техногенной эмиссии серы на 45–70 км, концентрируют меньшее количество серы, превышающее, однако, фон в 2 раза. Торфяные залежи других направлений и массив Деличи в долине р. Рыбная на расстоянии 85 км от г. Норильска серой не загрязнены.

Пороговые значения критериев качества почв для некоторых стран Европы, в том числе России, приведены в табл. 5. Как видим, уровень содержания меди в торфяных почвах Норильского промышленного района практически соответствует допустимому пороговому содержанию этого элемента в почвах многоцелевого назначения в Финляндии и Дании – 100 и 200 мг/кг. В России пороговые критерии оценки качества почв по меди

Т а б л и ц а 4

Коэффициенты концентрации серы в бугристых торфяниках НПП относительно регионального фона торфяных массивов (2790 мг/кг)

Название торфяного массива	Мощность слоя, см		
	0–10	0–20	0–30
Северо-восточное направление			
Оганер	0,7	0,7	0,7
Талнах	1,0	1,0	1,0
Западное направление			
Кайеркан	0,9	0,9	0,9
Алыкель	0,9	1,0	1,0
Юго-восточное направление			
Блудный	0,9	1,1	1,3
Нижний Омнутах	4,3	4,3	4,9
Долина р. Рыбная			
Омнутах	7,7	6,1	4,7
Чопко	2,0	2,2	1,9
Омнэ	2,1	2,2	2,3
Деличи	0,7	0,8	0,9

(55 мг/кг) находятся на уровне таких стран, как Германия и Швейцария, по никелю – заметно выше (85 мг/кг) по сравнению с другими европейскими странами. В силу медно-никелевой специализации загрязнения территории Норильского промышленного района целесообразно обсудить специфику влия-

Т а б л и ц а 5

Пороговые значения критериев качества почв многоцелевого назначения по содержанию тяжелых металлов в некоторых странах*

Страна	Пороговые значения содержания тяжелых металлов в почвах, мг/кг		
	Cu	Ni	Co**
Германия	50	40	(–)
Дания	200	(–)	(–)
Нидерланды	36	35	(–)
Канада	30	20	(–)
Россия	55	85	50
Финляндия	100	60	(–)
Чехия	70	60	(–)
Швейцария	50	50	(–)

*По: [Шиббаева, Ян, 2001]. ** По: [Ильин, Сысо, 2001]. (–) – нет данных.

ния Cu и Ni на живые организмы. По данным некоторых авторов [Шиббаева, Ян, 2001], никель является высокотоксичным элементом для высших растений. Медь, напротив, оказывает незначительное токсическое воздействие на растения, но умеренное на почвенную микробиоту и фауну, наземную фауну и население. Гибель березовых, лиственничных лесов, зарослей ив, ольхи и других кустарников на исследуемой территории подтверждает пагубное влияние техногенных аномалий никеля на древесную растительность.

Вместе с тем необходимо отметить, что в пониженных элементах мезорельефа бугристых торфяников, как правило, сильно обводненных, состояние растительного покрова, представленного недревесными видами, не обнаруживает признаков явного угнетения. Судя по стабильной структуре, составу и жизненному состоянию, относительную толерантность к техногенному загрязнению обнаруживают сообщества следующих видов растений. Мхи – *Drepanocladus fluitans* (Hedw.) Warnst., *Drepanocladus vernicosus* (Lindb.) Warnst., *Scorpidium scorpioides* (Hedw.) Limpr., *Meesia trifaria* Crum, Steere et Anderson. Цветковые: пушицы – *Eriophorum scheuchzerii* Hoppe., *Eriophorum russeolum* Fries., осоки – *Carex limosa* L., *Carex rostrata* Stokes, *Carex caespitosa* L., *Carex aquatilis* Wahl., сабельник – *Comarum palustre* L., вахта – *Menyanthes trifoliata* L.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бугристые торфяники являются высокоинформативными объектами для организации мониторинга техногенных изменений окружающей природной среды. Прохождение техногенных потоков сквозь толщу торфяников в целом не превышает 30–35 см. Активное накопление тяжелых металлов чаще обнаруживается в верхних 5, реже 15 см торфяной залежи. Глубже, как правило, залегают пласты торфа, слабо дифференцированные по морфолого-генетическому облику и физико-химическим показателям, которые целесообразно использовать в качестве искомого геохимического фона болотных массивов.

При оценке уровня загрязнения (трансформации) мерзлотных торфяно-болотных комплексов следует иметь в виду, что источником выше фоновых концентраций химических элементов могут служить и природные факторы. Это различные формы рудопроявления: проникновение сульфатных поровых растворов диффузным путем в торфы вследствие окисления сульфидных руд под покровом ледниковых отложений, участки высачивания и движения под- и надмерзлотных вод, омывающих рудные тела (индикатор – таликовые окна на болотах), зоны сульфидной минерализации и сульфатного выветривания, выходы на дневную поверхность рудных тел месторождений и так далее. Повышенные концентрации химических элементов могут быть локализованы на различных геохимических барьерах торфяных болот, образовываться суффозионным путем за счет криогенной дезинтеграции геохимически специализированных горных пород и других процессов.

В системе мероприятий, ориентированных на предотвращение и элиминацию нежелательных изменений среды в болотных экосистемах и в случае их сельскохозяйственного и лесохозяйственного освоения рекомендуем:

- Снижение уровня воздействия источников загрязнения.

- Комплексный мониторинг техногенного воздействия на основные компоненты торфяно-болотных комплексов – болотные воды, торфяную залежь, микробзооценоз, видовое разнообразие и продуктивность растительного покрова. Наблюдения за неблагоприятными тенденциями в болотных экосистемах, связанными с выбросами серы, целесообразно осуществлять по долине р. Рыбная, контроль негативных изменений под воздействием тяжелых металлов в эпицентре техногенных выбросов – г. Норильск – Оганер, Талнах.

- Известкование сильноокислых торфяных почв ($\text{pH}_{\text{водн}}$ 2,57–4,0), сосредоточенных преимущественно в заболоченной долине р. Рыбная. Внесение извести способствует нейтрализации кислых осадков, нормализации физико-химических свойств почв и режима питания растений, снижению подвижности тяжелых металлов, уменьшающей уровень их токсического воздействия на почвенную биоту и растения, усилению микробиологической

активности, стимулирующей процессы гумификации торфа и формирование труднорастворимых хелатов.

- Регламентированное внесение фосфорных удобрений с целью увеличения в почве фосфорнокислых солей тяжелых металлов, обладающих низкой растворимостью.

- Выборочную вспашку поверхностно загрязненных торфяных почв, т. е. их “биологическое разбавление” в результате перемешивания с нижними слоями.

- Подбор устойчивых к загрязнению древесных пород и кустарников при лесозарастивании торфяных массивов НПП в рекреационных целях.

ЛИТЕРАТУРА

- Дюжиков О. А., Дистлер В. В., Струнин Б. М. и др. Геология и рудоносность Норильского района. М.: Наука, 1988. 279 с.
- Ефремова Т. Т., Ефремов С. П. Оценка техногенного воздействия на кислотно-щелочные свойства и гумусное состояние крупно-бугристого торфяника долины р. Норильская // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: ИПОС СО РАН, 2006. № 7. С. 149–159.
- Ефремова Т. Т., Ефремов С. П. Эколого-геохимическая оценка бугристых торфяников Норило-Пясиной озерно-болотной системы // Мат-лы науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Р. В. Ковалева. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2007. С. 69–71.
- Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
- Крештапова В. Н. Агрогеохимия торфяных почв Нечерноземной зоны Европейской части РСФСР: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1991. 44 с.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (2-е изд., перераб. и доп.). М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
- Минеев В. Г., Сычев В. Г., Амелянчик О. А., Большева Т. Н., Гомонова Н. Ф., Дурьнина Е. П., Егоров В. С., Егорова Е. В., Едемская Н. Л., Карпова Е. А., Прижукова В. Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Астрель-2000, 1999. 768 с.
- Пьявченко Н. И. К изучению болот Красноярского края // Заболоченные леса и болота Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5–32.
- Саэт Ю. Е., Ревич Б. А., Янин Е. П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
- Сорокина Е. П., Кулачкова О. Г., Онищенко Т. Л. Сравнительный геохимический анализ воздействия на окружающую среду промышленных предприятий различного типа // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. М.: ИМГРЭ, 1984. С. 9–20.

Шиббаева И. Н., Япенга Я. Критерии качества почв как инструмент расчета критических нагрузок // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17: Почвоведение, 2001. № 1. С. 7–13.

Янин Е. П. Экологическая геохимия и проблемы биогенной миграции химических элементов 3-го рода // Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. М.: Наука, 2003. 351 с.

Efremova T., Efremov S. Hydrochemical Peculiarities of Bog Ecosystems in the North-Siberian Lowland // J. Water Res. and Protection. 2010. Vol. 2, N 7. P. 665–674.

International Co-operative Programmed on Assessment and Monitoring of Air Pollution on Forests in the ECE Region. Helsinki, 1990. 66 p.

Ecological and Geochemical Assessment of Heavy Metal and Sulfur Pollution of Hilly Peatbogs in Southern Taimyr

T. T. EFREMOVA, S. P. EFREMOV

*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/ 28
E-mail: efr2@ksc.krasn.ru*

It was shown that hilly peatbogs had proved to be informative in estimating technogenic changes of the environment. It was established that active accumulation of heavy metals and sulfur took place in the upper levels of peat deposit (on the depth of 5 cm, more rarely – 15 cm). Passage of technogenic fluxes through peat deposit did not exceed 30–35 cm. The control of negative changes under the effect of sulfur emissions was proved desirable to carry out in bog ecosystems of the Rybnaya River valley. Negative changes happening due to the impact of heavy metals should be controlled on the territories near industrial enterprises of the cities Norilsk and Talnakh.

Key words: hilly peatbogs, technogenic pollution, nickel, copper, cobalt, lead, sulfur.