

ХИМИЯ

ПОЧВ

УДК 631.811.944:631.445.12

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА, КОБАЛЬТА И ХРОМА
В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

© 2000 г. В. С. Архипов, В. К. Бернатонис, В. И. Резчиков

Томский политехнический университет

Поступила в редакцию 30.02.98 г.

Изучено распределение железа, кобальта и хрома по глубине торфяных залежей центральной части Западной Сибири. С этой целью на 10 торфяных болотах отобраны и проанализированы методом нейтронно-активационного анализа 1100 послонных проб торфа. Установлено, что в распределении элементов имеются как общие черты, так и индивидуальные особенности. Сходство в распределении железа и кобальта отмечено во многих торфяных залежах. Содержание хрома отличается большим разбросом по глубине залежей.

Распределение тяжелых металлов в таежных ландшафтах представляет большой интерес для экологических оценок и организации мониторинга природной среды Западной Сибири. Ряд переходных металлов, в частности железо, кобальт и хром, играют важную роль в биохимии растительных и животных организмов. В то же время они относятся к основным техногенным элементам. Уровни накопления этих металлов учитываются при оценке плодородия почв и их техногенного загрязнения. На этой основе базируются оценки экологического состояния и качества окружающей среды, ее устойчивость к антропогенным воздействиям.

Появившиеся в последнее время публикации дают некоторое представление о распределении тяжелых металлов в автоморфных почвах [13,18] и поверхностных водах бассейна Оби [17, 18]. В гораздо меньшей степени в этом отношении изучены торфяные болота Западной Сибири. Между тем болотообразование приобрело в таежной зоне Западной Сибири настолько широкие масштабы, что превратилось в важнейший средообразующий фактор, контролирующий и геохимическую обстановку, и направленность геохимических процессов. В процессе торфообразования торфяные залежи консервируют углерод и сопутствующие элементы, в том числе золообразующие, и микроэлементы. Имеющиеся сведения о накоплении микроэлементов в торфах центральной части Западной Сибири (ЦЧЗС) отражают лишь среднее содержание элементов [3,6,15].

Поведение железа, кобальта и хрома в разнообразных геохимических условиях обнаруживает определенное сходство, в связи с чем Перельман [12] относит их к сидерофильным металлам группы железа. Отмечено также [7] сходное поведение этих элементов в почвенных процессах, что

проявляется в склонности Co^{2+} и Cr^{3+} к образованию устойчивой геохимической ассоциации с Fe^{3+} при формировании автоморфных почв. Торфяные залежи в отличие от автоморфных почв характеризуются чрезвычайно высокими обводненностью (влажность 90% и выше) и концентрацией органических веществ растительного происхождения. Поэтому распределение элементов в торфяной залежи происходит в специфических условиях неполного распада первичного растительного материала и накопления веществ гумусовой природы. При этом ведущую роль в процессах накопления и переноса металлов играют металлокомплексы [14], активно образующиеся в этих условиях. Ранее [2] нами было установлено, что поведение железа в торфяных залежах ЦЧЗС можно охарактеризовать несколькими типами распределения, свойственными основным видам торфяных залежей. В данной работе изучено распределение кобальта и хрома в сравнении с распределением железа как ведущего элемента в этой группе металлов.

Распределение элементов группы железа изучали на 10 торфяных болотах, расположенных в зоне выпуклых сфагновых болот (средняя и южная тайга). Исключение составляет болото Аркадьевое, которое находится в зоне плоских осоково-гипновых болот (лесостепь). Геоморфологически большая часть болот приурочена к долине Оби и ее крупных притоков (Чулым, Кеть). Примерно половина болот низинные (евтрофный тип), остальные - верховые сфагновые (олиготрофный тип). По своим характеристикам (табл. 1) болота типичны для ЦЧЗС. Наиболее мощные, типичные для региона крупные болотные системы (Васюганское, Семиозерье, Чистое) представлены участками площадью более 2500 га.

Таблица 1. Характеристика торфяных болот (по материалам детальной геологической разведки)

Болото	F, га	H, м	Виды залежей	
			всего	основные
<i>Низинные болота</i>				
Аркадьево	1507	1.84	5	Н. гипсовая, топяно-лесная
Гусевское (южный участок)	7600	1.77	10	Н. осоково-гипсовая, топяно-лесная и гипсовая
Суховское (южный участок)	3434	3.27	10	Н. осоково-гипсовая, осоковая и древесно-осоковая
Клюквенное (Томский район)	4800	3.26	6	Н. топяно-лесная, осоковая и многослойная лесо-топяная
Березовая Грива	3282	3.00	13	Н. топяно-лесная, многослойная лесо-топяная и осоковая
<i>Верховые сфагновые болота</i>				
Айгарово	12377	2.48	18	В. фускум, п. топяная, с. топяная
Чистое (юго-западный участок)	2576	3.53	12	В. фускум, шейхцериево-сфагновая; п. топяная
Колпашевское	8553	2.18	13	В. фускум, шейхцериево-сфагновая; п. лесо-топяная, н. древесно-осоковая
Васюганское (участок 5 у с. Красный Бакчар)	17918	1.94	10	В. фускум; с. топяная; п. топяная, лесо-топяная; н. лесо-топяная
Семиозерье (юго-западный участок)	5984	2.66	10	В. фускум, комплексная, магелланикум; н. топяно-лесная, осоковая

Примечание. В таблицах 1-3 приведены кадастровые названия болот; в., п., с, н. - типы торфа и торфяных залежей (верховой, переходный, смешанный, низинный); F - площадь болота дана в границах нулевой глубины торфяной залежи; H - средняя глубина торфяной залежи дана без очеса.

Пробы торфа отбирали на типичных для каждого болота участках торфяной залежи в 10-25 пунктах (табл. 2), выбранных по материалам геологической разведки и в основном совпадающих с пунктами разведочной сети. Пробы отбирали ручным торфяным буром на полную глубину залежи, по-слойно с интервалом 0.5 м. Всего было отобрано 1100 проб торфа с 10 болот (табл. 2). Образцы торфа проанализированы на содержание золы, влаги и элементов группы железа: железа, кобальта, хрома. Содержание золы (A^d) и влажность торфа определяли стандартным методом (ГОСТ 11306-83, ГОСТ 11305-83). Элементы группы железа находили в числе других 20 элементов методом нейтронно-активационного анализа (НАА). При этом использован наиболее экспрессный и широко распространенный относительно вариант инструментального НАА, т.е. одновременное облучение анализируемого образца и образца сравнения (эталоны) с известным составом. Облучение образцов и измерение наведенной у-активности проводили на аппаратуре Института ядерной физики (НИИЯФ) при Томском политехническом университете [2]. Чувствительность метода по железу составляет 100 мг/кг сухого торфа, а по хрому и кобальту - 0.1 мг/кг; относительная погрешность измерения - 15%.

Предварительная обработка результатов позволила оценить статистические показатели накопления и рассеяния элементов по каждому болоту (табл. 2). Была использована известная методика расчетов, предложенная Крештаповой [9] для оценки содержания микроэлементов в торфяных болотах европейской части страны. При расчете среднего содержания элемента (x) и золы (A) усредняли все результаты по данному показателю, независимо от положения пункта и глубины отбора пробы. Выбраковывали лишь природные пробы с явной примесью грунта. Если элемент не был обнаружен в пробе, в расчет принимали значение, равное нулю. По этому же объему проб рассчитывали среднее квадратическое отклонение единичной пробы s и коэффициент вариации K . Кроме того, для оценки точности величины x приведены значения доверительного интервала δ (табл. 2), полученные при доверительной вероятности 95%.

Дальнейшая обработка экспериментальных данных заключалась в построении и анализе кривых распределения элементов по глубине торфяной залежи. Из всего разнообразия кривых выделены наиболее распространенные варианты (рис. 1-4). Для удобства сопоставления на рис. 1 и 2 представлены кривые распределения железа и кобальта по глубине образцов, взятых в одних и тех

Таблица 2. Среднее содержание элементов и золы в торфяных болотах

Болото	Число пунктов отбора проб торфа	Зола А, %	Элементы, мг/кг			Коэффициент вариации, %		
			Fe	Co	Cr	Fe	Co	Cr
<i>Низинные болота</i>								
Аркадьево	18 (95)	26.7	$\frac{17300}{2200}$	$\frac{3.2}{0.3}$	$\frac{1.6}{0.6}$	66	48	168
Суховское	17 (151)	13.3	$\frac{9730}{700}$	$\frac{2.9}{0.3}$	$\frac{2.8}{0.9}$	51	58	187
Гусевское	16 (85)	15.8	$\frac{17800}{2800}$	$\frac{4.2}{0.5}$	$\frac{4.8}{1.0}$	85	51	96
Клюквенное	13 (98)	13.2	$\frac{9180}{400}$	$\frac{3.6}{0.3}$	$\frac{6.7}{1.2}$	28	38	104
Березовая Грива	15 (121)	7.5	$\frac{8800}{1000}$	$\frac{4.1}{0.5}$	—	71	67	—
<i>Верховые сфагновые болота</i>								
Айгарово	10 (72)	2.5	$\frac{1470}{310}$	$\frac{1.0}{0.2}$	$\frac{2.6}{0.7}$	89	94	107
Чистое	14 (107)	3.6	$\frac{1720}{190}$	$\frac{1.4}{0.2}$	—	53	78	—
Семиозерье	19 (137)	5.5	$\frac{3140}{700}$	$\frac{1.0}{0.2}$	$\frac{9.3}{2.0}$	142	95	120
Васюганское	25 (135)	4.0	$\frac{2520}{300}$	$\frac{1.7}{0.3}$	$\frac{5.0}{0.9}$	94	86	106
Колпашевское	20 (100)	4.1	$\frac{2530}{380}$	$\frac{1.5}{0.2}$	$\frac{5.7}{1.4}$	74	57	104

Примечание. Над чертой - среднее содержание x , под чертой - доверительный интервал s ; содержание дано на абсолютно сухой торф.

же пунктах их отбора. В этих же пунктах отбирали пробы на хром. Типичные кривые его распределения представлены на рис. 3, 1, 2 и рис. 4, 2-4. Кроме того, количественно оценивали корреляционные связи между элементами и золой торфа. С этой целью рассчитывали парные коэффициенты корреляции r -между содержанием элементов, а также между содержанием каждого элемента и золы. Расчетами охвачены все болота. Значения r рассчитаны как по всему объему проб, так и по отдельным наиболее распространенным на данном болоте видам торфа. Виды торфа приняты по материалам геологической разведки. Аналитическая информация обработана в системе управления базами данных d BASE 3 plus. Результаты корреляционного анализа по четырем торфяникам с характерными условиями торфонакопления представлены в табл. 3.

Статистические оценки (среднее содержание элемента, коэффициент вариации) свидетельст-

вуют об определенной дифференциации элементов как по уровню накопления, так и по рассеянию их в торфяных залежах (табл. 2). Как отмечалось ранее [3, 6, 15], особенностью кобальта и хрома, в отличие от железа, является их низкая концентрация как в торфах, так и в других природных объектах. Если железо относится к золообразующим элементам торфа, то кобальт и хром - типичные рассеянные элементы (микроэлементы). Среднее содержание железа в верховых болотах составляет единицы тысяч миллиграммов на килограмм сухого торфа, а в минерализованных низинных болотах достигает 17000-18000 мг/кг. В тех же болотах среднее содержание кобальта и хрома в торфе не превышает 10 мг/кг (табл. 2).

Заметно отличаются элементы группы железа по показателям рассеяния в торфяных болотах. Наиболее стабильным содержанием характеризуется кобальт, коэффициент вариации K_v , которого не

Таблица 3. Корреляционные связи между содержанием элементов и золы в торфе

Тип и вид торфа	Число проб	Парные коэффициенты корреляции r					
		A^d -Fe	A^d -Co	A^d -Cr	Fe-Co	Fe-Cr	Co-Cr
<i>Семиозерье</i>							
В. фоскум	35	0.54	0.72	-	0.83	0.34	-
В. сфагново-мочажинный	11	0.87	0.65	0.90	0.89	0.92	0.87
Н. осоковый	9	-	-	-	-	-	-
Все виды (23 из 38)	137	0.45	0.41	-	0.62	0.31	0.31
<i>Васюганское</i>							
В. фоскум	26	-	-	-	0.91	-	-
В. магелланикум	10	-	-	-	0.94	-	-
П. осоковый	10	-	-	-	0.98	-	-
П. осоково-сфагновый	10	-	-	-	0.95	-	-
Н. осоковый	17	0.67	0.54	-	0.87	0.57	0.52
Все виды (19 из 38)	135	0.62	0.60	0.41	0.82	0.46	0.44
<i>Клюквенное</i>							
Н. осоковый	29	0.68	0.72	-	0.84	-	-
Н. древесно-осоковый	32	0.65	0.47	0.47	0.47	0.50	0.42
Все виды (4 из 16)	98	0.47	0.37	0.21	0.52	0.39	0.24
<i>Суховское</i>							
Н. осоковый	29	-	0.40	-	-	0.49	0.70
Н. древесно-осоковый	14	-	-	-	0.95	-	-
Н. осоково-гипновый	34	-	-	-	0.47	-	0.48
Н. гипновый	10	-0.73	-	-	-	-	-
Н. древесный	15	-	-	-	0.52	-0.52	-
Все виды (7 из 14)	151	0.28	0.43	0.32	0.46	0.32	0.50

Примечание. В скобках приведено число учтенных нами видов торфа из общего числа видов, выявленных разведкой; прочерк означает, что корреляционная связь с достоверной вероятностью 95% отсутствует.

превышает 100%. Хром можно считать антиподом кобальта, поскольку величина его K_v часто превышает 100%, достигая 187% (болото Суховское). Железо по равномерности распределения в торфяных залежах занимает среднее положение, но ближе к кобальту. Следует отметить заметно более высокую однородность низинных болот по содержанию железа и кобальта в сравнении с верховыми сфагновыми. Природа таких различий может быть связана с неоднородностью строения торфяных болот [16]. В границах отдельно взятого торфяного болота выделяют до десятка и более участков, сложенных залежами торфа различного типа и вида. Особенно разнообразны крупные сфагновые торфяные массивы ЦЧЗС, занимающие как долины рек, так и обширные водораздельные равнины таежной зоны.

Несмотря на существенные различия в уровнях накопления железа и кобальта, можно отметить и определенное сходство в их распределении. В частности, содержание железа и кобальта

в торфах верховых болот в несколько раз ниже, чем в торфах низинных болот (табл. 2). Подобно содержанию железа минимальное и стабильное по глубине содержание кобальта характерно для центральных участков крупнейших сфагновых болот (рис. 1, 1), сложенных мощной залежью из верховых малоразложившихся торфов (фоскум, комплексный, сфагново-мочажинный). Такие болота (нарымский тип), занимающие водораздельные равнины в бассейне средней Оби, отличаются наиболее мощными в Западной Сибири торфяными залежами. В их строении выделяется глубокозалежный сфагново-мочажинный массив в центральной водораздельной части и периферийные мелкие залежи разного генезиса, протянувшиеся широкой полосой вдоль долин рек. Для периферийных участков крупных болотных систем характерно повышенное по сравнению с центром содержание железа и кобальта с монотонным ростом их содержания по глубине (рис. 1, 2). Такой же характер распределения присущ выпуклым сфагновым болотам сред-

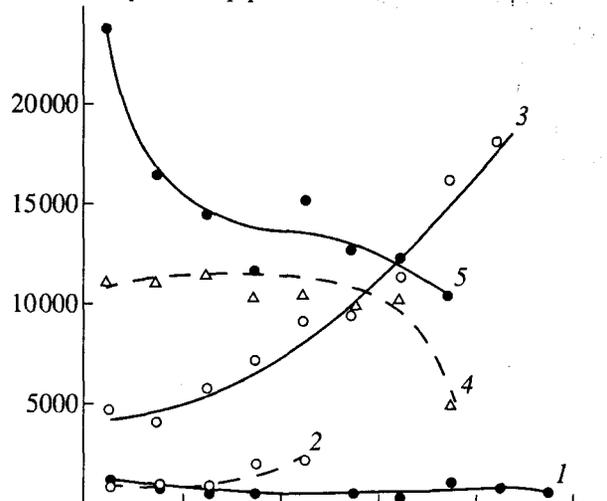
них размеров с высоким участием в их строении неглубоких лесо-топяных залежей (Колпашевское).

Низинные болота более однородны по своему строению, чем верховые, и обычно полностью сложены залежью одного типа - низинной. В то же время водно-минеральный режим низинных болот разнообразнее в сравнении с верховыми, что выражается значительными колебаниями зольности торфа в различных участках низинных торфяных болот. Основная часть залежей низинных болот таежной зоны сложена торфами нормальной зольности, не превышающей 10-15% [11]. Таким залежам с постоянной зольностью и простой стратиграфией присущ монотонный рост содержания железа и кобальта по глубине (рис. 1, 3). Не всегда такое распределение соблюдается для данной пары элементов одновременно, как это показано на рис. 1 (кривая 3). Рост содержания железа по глубине часто отмечается на периферии осоково-гипновых болот, занятой древесно-осоковыми, лесо-топяными и лесными залежами (болото Суховское). В отличие от железа такое распределение кобальта связано не столько с видом и расположением залежи, сколько с составом подстилающего грунта. В частности, проявляется определенная корреляция между распределением кобальта в низинных залежах и его содержанием в подстилающем грунте. На грунтах, обогащенных кобальтом (карбонатные глины), развиваются залежи с ростом содержания кобальта по глубине, а на бедных по кобальту грунтах - залежи с постоянным содержанием этого элемента. В связи с этим увеличение содержания кобальта по глубине имеет место в осоково-гипновых болотах гораздо шире по сравнению с железом, и присуще не только лесо-топяным, но и топяным залежам. В то же время древесно-осоковые, лесо-топяные и топяно-лесные залежи, подстилаемые песчаными грунтами и глинами с низким содержанием кобальта (Клюквенное), отличаются более или менее стабильным содержанием этого элемента по глубине (рис. 1, 5). Последнее не характерно для железа.

В нормальнозольных низинных залежах монотонное уменьшение содержания кобальта по глубине встречается редко, в отличие от железа [2]. В то же время в двухслойных, в частности топяно-лесных, залежах иногда наблюдается уменьшение содержания кобальта в нижнем слое (рис. 1, 4). Такое ступенчатое распределение довольно характерно для кобальта и отмечается в низинных двухслойных залежах как низинных, так и верховых болот.

На распределение элементов значительное влияние оказывает вторичная минерализация низинных торфяных залежей, связанная с питанием залежи грунтовыми водами, богатыми железом, кальцием, фосфором. Высокотольные залежи

Fe, мг/кг сухого торфа



Co, мг/кг сухого торфа

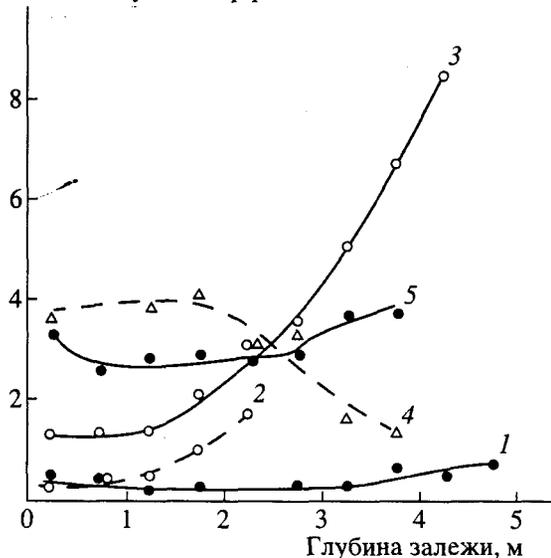


Рис. 1. Послойное распределение железа и кобальта в верховых (1, 2) и нормальнозольных низинных (3-5) залежах: 1 - фускусум (Семиозерье), 2 - магелланикум (Колпашевское), 3 - древесно-осоковая (Суховское); 4 - топяно-лесная (Клюквенное); 5 - осоково-гипновая (Гусевское).

встречаются на Гусевском и Суховском болотах. Особенно широко они представлены на болоте Аркадьево, где содержание высокотольных торфов составляет 90% от общих запасов. Для таких залежей характерны небольшая глубина и неоднородная стратиграфия. Распределения железа и кобальта по глубине минерализованных торфяных болот близки по своему характеру (рис. 2, 1, 2). Для высокотольных залежей типично резкое уменьшение содержания этих элементов по глубине (рис. 2, 1). Колебания зольности по глубине таких залежей отражаются на кривых распределения появлением максимумов, ступенчатостью или перело-

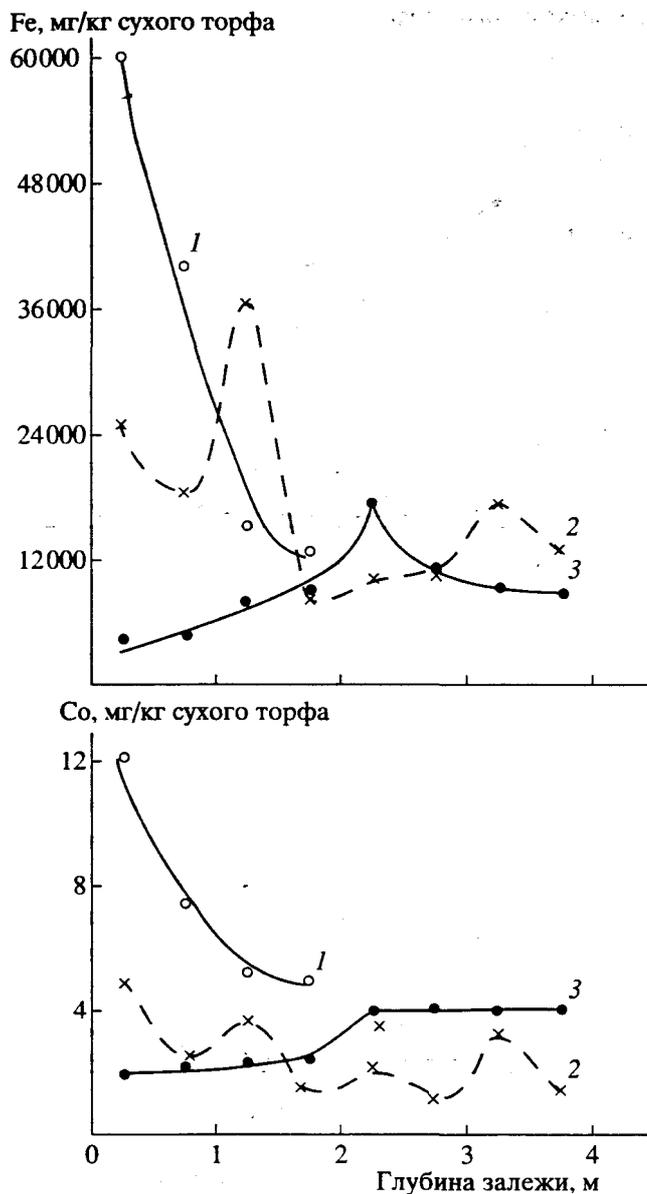


Рис. 2. Послойное распределение железа и кобальта в минерализованных низинных залежах: 1 – осоковая (Гусевское); 2 – гипсовая (Аркадьево); 3 – осоково-гипсовая (Гусевское).

мами (рис. 2, 2, 3). Следует отметить, что минерализация торфяных залежей меньше влияет на распределение кобальта, чем железа. Так, различного рода неоднородности торфяных залежей часто выражаются на кривых распределения кобальта изломами или ступенчатостью (рис. 2, 2, 3), в то время как для железа в таких случаях более характерно появление максимумов (рис. 2, 3). Таким образом, содержание кобальта как в верховых, так и в низинных залежах более стабильно и варьирует в меньшей степени, чем содержание железа (табл. 2, рис. 1, 2).

Наиболее объективную оценку сходства в поведении элементов представляют результаты корреляционного анализа. Из них видно (табл. 3), что тесная корреляционная связь существует лишь между железом и кобальтом, особенно в верховых болотах. Значения r для пары Fe-Co, рассчитанные для всех проб одного торфа зачастую ниже величин, найденных для отдельных видов торфа того же болота. Поскольку изучались пластообразующие виды торфа и полученные данные касаются именно их, можно предположить, что для остальных его видов теснота связи пары элементов Fe-Co невелика. Таким образом, корреляция в распределении Fe-Co преимущественно наблюдается в мощных залежах с однородной стратиграфией. Отсюда следует, что одним из условий тесной корреляции в накоплении железа и кобальта в торфе является стабильный режим питания торфяной залежи. Такое заключение согласуется со стабильным содержанием железа и кобальта в центрах торфообразования крупных сфагновых болот.

Тесные корреляционные связи пары элементов Fe-Co особенно характерны для торфов низкой степени разложения, формирующих верхние слои торфяной залежи. Для глубоководных слоев, отличающихся повышенной степенью разложения торфа, чаще наблюдаются слабые связи этой пары элементов. По-видимому, в этих условиях проявляется близость подстилающего грунта, являющегося важнейшим поставщиком микроэлементов в придонные слои залежи. В связи с этим один и тот же вид торфа может характеризоваться как тесной, так и слабой корреляционной связью Fe-Co в зависимости от стратиграфического положения и мощности торфяного пласта. Наглядным примером такого вида торфа является типичный для ЦЧЗС низинный осоковый торф, распределенный не только в низинных, но и в верховых сфагновых болотах. Наиболее высокие значения r для этого вида торфа (табл. 3) обнаружены в условиях, когда он формирует достаточно мощные пласты залежи (Клюквенное, Васюганское). В то же время слабой связью пары Fe-Co отличается низинный осоковый торф (табл. 3), когда он образует прослойки и мелкие залежи.

Распределение хрома в торфяных залежах ЦЧЗС существенно отличается от распределения железа и кобальта. Наиболее характерные кривые распределения хрома в вертикальном профиле торфяных залежей представлены на рис. 3 и 4. Отличительной особенностью этого элемента являются неоднородности и резкие колебания по профилю залежи. Особенно велики колебания концентрации по глубине топяных залежей, в частности в центрах торфонакопления верховых болот, сложенных мощной фускум-, сфагново-мочажинной, комплексной и магелланикум-залежью (рис. 3, 1). Чаще всего появление пиков на кривых распреде-

ления связано со сменой сфагнового малоразложившегося торфа (фускум, комплексный и др.) торфом более высокой степени разложения (верховой шейхцериевый, пушицево-сфагновый).

Основной причиной неравномерного распределения хрома в залежах низинных болот являются колебания зольности, вызванные вторичной минерализацией залежи. При этом в низинных залежах с карбонатной минерализацией резкие перепады в содержании хрома сочетаются с низким уровнем накопления элемента. Нередко хром не обнаруживается в отдельных, чаще придонных слоях (рис. 4, 1—3), а иногда и по всей глубине залежи. Такое распределение хрома особенно широко распространено в гипновых, осоково-гипновых и осоковых залежах, развивающихся на карбонатных глинах с низким содержанием хрома. Особенно выделяется в этом отношении низинное торфяное болото Аркадьево, которое при весьма высокой степени минерализации торфа отличается самым низким средним содержанием хрома - 1,6 мг/кг (табл. 2). В то же время повышенное среднее содержание этого элемента характерно для залежей, развивающихся на грунтах, обогащенных хромом (Гусевское, Клюквенное, Семиозерье, Колпашевское). Таким образом, уровень накопления хрома в торфяной залежи в основном зависит от его содержания в подстилающих грунтах. По-видимому, с этим связана и близость среднего содержания хрома в верховых и низинных болотах (табл. 3), что совершенно не характерно для железа, кобальта и других микроэлементов [10. 14].

Нетипичные для хрома случаи стабильного содержания отмечены в топяно-лесных и лесотопяных залежах различного генезиса (рис. 3, 2, 3, 5; рис. 4, 4). В связи с этим следует подчеркнуть, что повышенное участие древесных пород в строении торфяных залежей способствует равномерному распределению не только хрома, но и других элементов группы железа. В этом отношении особенно показательны торфяные болота Колпашевское и Клюквенное, в которых такие залежи преобладают.

Корреляция между парами элементов Cr-Fe и Cr-Co во многих торфах практически отсутствует. Для некоторых видов торфа она характеризуется слабой связью ($r = 0.5-0.6$) и лишь в отдельных случаях значение r превышает 0.6 (табл. 3). Как правило, в таких случаях имеет место высокая степень корреляции между всеми тремя элементами. Отдельные случаи значимой отрицательной связи между парами элементов Cr-Fe и Cr-Co отмечены либо на мелкозалежных участках верховых и низинных болот, либо в торфах, формирующих придонные слои глубоких залежей. Иллюстрацией сказанного может служить распределение хрома, диаметрально противополо-

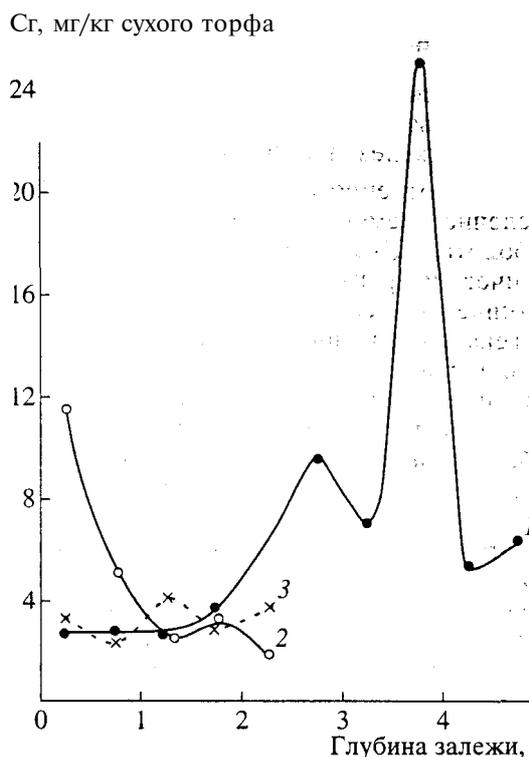


Рис. 3. Послойное распределение хрома в залежах верховых сфагновых болот: 1 - фускум (Семиозерье). Пробы отобраны в тех же точках, что и на рис. 1, 2 - магелланикум (Колпашевское). Пробы отобраны в тех же точках, что и на рис. 1; 3 - переходная лесотопяная (Васюганское).

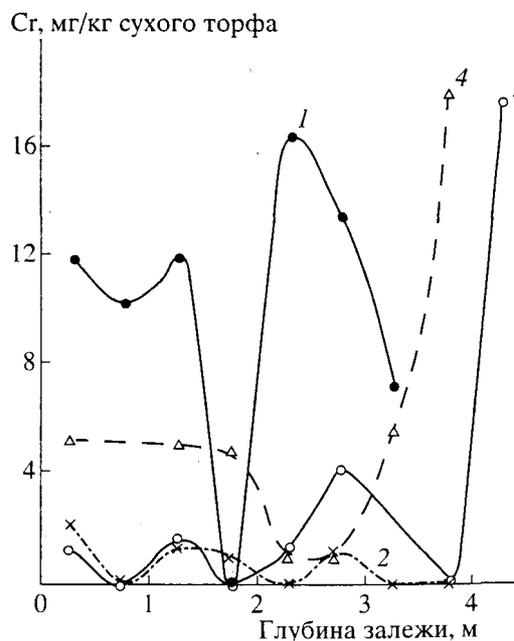


Рис. 4. Послойное распределение хрома в низинных залежах: / - многослойная лесотопяная (Клюквенное); 2 - гипсовая (Аркадьево). Пробы отобраны в тех же точках, что и на рис. 2; 3 - древесно-осоковая (Суховское). То же, рис. 1. \\4 - топяно-лесная (Клюквенное). То же, рис. 1.

ложное распределению железа и кобальта (рис. 1, 3, 4, кривые 2, 4). Таким образом, результаты корреляционного анализа подтверждают особый характер поведения хрома и его отличие от распределения железа и кобальта.

Из рассмотренного материала видно, что распределение элементов группы железа в торфяных болотах ЦЧЗС находится под влиянием как генетических факторов, так и индивидуальных геохимических свойств отдельных элементов. Роль генетических факторов выражается в определенной локализации концентрации элементов по глубине залежи (рис. 1-4). В частности, выявлены существенные различия центра и периферии болота по характеру распределения элементов. Кроме того, свой вклад в этот процесс вносят генетические особенности верховых и низинных болот (рис. 1,2) со свойственным им режимом питания. В связи с этим особый интерес представляет влияние зольности торфов. Известно [19], что корреляция между зольностью и содержанием микроэлементов в различных углях и торфах нередко отсутствует. Наши данные (табл. 3) также подтверждают такие наблюдения. В то же время можно отметить тесные связи между зольностью и содержанием железа в верховом сфагново-мочажинном (болото Семиозерье) и низинном осоковом (Клюквенное) торфе. Для кобальта, так же как и для железа, корреляция с зольностью торфа часто выражена слабо. Особенно низкие значения r характерны для хрома (табл. 3). Неоднозначность связей между зольностью торфа и содержанием элементов группы железа может быть связана с различным происхождением золы торфа. По современным представлениям [5,19], в торфах и ископаемых углях различают несколько разновидностей золы. Исходя из этого следует ожидать, что тесная связь между содержанием элементов и зольностью торфа будет наблюдаться лишь в том случае, если последняя меняется при постоянном составе золы. Если же одновременно меняются содержание и состав золы (смена режима питания), то наблюдаемая теснота связи будет снижаться.

Индивидуальные геохимические свойства элементов группы железа проявляются как в особенностях поступления этих элементов в торфяную залежь, так и в их дальнейшей трансформации в обстановке торфяного болота. В частности, железо поступает в торфяную залежь преимущественно с питающими водами (атмосферными, поверхностными, грунтовыми). При этом в низинных болотах грунтовые воды нередко насыщены железом (выходы ржавой воды). Отсюда резкая разница в содержании железа в торфах верховых и низинных болот. Как следует из полученных данных, для кобальта и особенно для хрома наряду с этими источниками немаловажную роль играет выщелачивание подстилающего грунта. Со-

ответственно контрастность верховых и низинных торфов по содержанию кобальта и особенно хрома заметно ниже, чем по железу.

Трансформация элементов группы железа в торфяной залежи тесно связана с особенностями их поглощения болотной растительностью. Известно [4], что железо и кобальт активно участвуют в биохимических процессах, протекающих в растительных организмах. Роль же хрома в таких процессах не вполне ясна. Неясен и механизм поглощения хрома растениями, так как корневые ткани растений не обладают способностью стимулировать восстановление Cr^{3+} до легкоусваиваемого Cr^{2+} . В то же время именно этот процесс является ключевым в поглощении железа и кобальта растениями [7]. В связи с этим можно предполагать, что хром с веществом торфа связан преимущественно непрочными адсорбционными силами, что приводит к его повышенной подвижности и выраженной нестабильности распределения в торфяной залежи.

Таким образом, проведенная работа позволила выявить некоторые закономерности в распределении элементов и связать их с генезисом залежи и свойствами элементов. Полученные данные могут быть полезными как для понимания геохимических процессов миграции элементов в торфяных залежах, так и для решения практических вопросов освоения болотных территорий таежной зоны Западной Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипов В.С., Бернатонис В.К., Резчиков В.И.* Железо в торфах центральной части Западной Сибири // Почвоведение. 1997. № 3. С. 345-351.
2. *Архипов В.С., Бернатонис В.К., Резчиков В.И.* Распределение соединений железа в торфяных залежах центральной части Западной Сибири // Почвоведение. 1994. № 9. С. 37^2.
3. *Архипов В.С., Резчиков В.И., Смольянинов С.И., Мышова Т.С.* Микроэлементы в торфе месторождений Обь-Иртышского междуречья // Торфяная промышленность. 1988. № 9. С. 25-27.
4. *Добровольский В.В.* География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
5. *Ефимов В.Н.* Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. 264 с.
6. *Инишева Л.И., Бернатонис В.К., Цибукова Т.Н.* Содержание микроэлементов в торфе Западно-Сибирского региона // Торфяная промышленность. 1991. № 1. С. 19-25.
7. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
8. *Каждан А.Б., Гуськов О.И.* Математические методы в геологии. М.: Недра, 1990. 251 с.
9. *Крештапова В.Н.* Методические рекомендации по оценке содержания микроэлементов в торфяных месторождениях европейской части РСФСР М • Изд-во Мингео РСФСР, 1974. 200 с.