

О.А. ГОЛУБИНА, И.А. ПЕРЕДЕРИНА, Е.Н. ТВЕРЯКОВА,  
Ю.Ю. МИРОШНИЧЕНКО, Е.А. КУРЦЕВИЧ, П.Б. БОРИСОВ

## Содержание биогенных микро- и макроэлементов (Zn, Co, Cr, Na, Ca, Fe) в эвтрофной торфяной залежи

*Методом нейтронно-активационного анализа охарактеризованы торфы и болотные воды месторождения Таган (Томский район, Томская область) на содержание биогенных макро- (Na, Ca, Fe) и микроэлементов (Zn, Co, Cr). Анализ образцов с нескольких пунктов наблюдений, различающихся по ботаническому составу и гидротермическим условиям залегания, показал, что элементный состав торфов характеризуется региональными особенностями и ботаническим составом. Концентрации элементов по глубинам трех пунктов наблюдений изменяются синхронно, что свидетельствует о типичности условий накопления этих элементов. Среднее содержание микроэлементов в изучаемой торфяно-болотной экосистеме сопоставимо со средними значениями данного региона.*

*Ключевые слова:* биогенные элементы, нейтронно-активационный анализ, микроэлементы, макроэлементы, ботанический состав, болотные воды, торф.

**Content of biogenic micro-and macronutrients (Zn, Co, Cr, Na, Ca, Fe) in the eutrophic peat deposit** O.A. GOLUBINA<sup>1,2</sup>, I.A. PEREDERINA<sup>1</sup>, E.N. TVERYAKOVA<sup>1</sup>, Yu.Yu. MIROSHNICHENKO<sup>1,3</sup>, E.A. KURTSEVICH<sup>1</sup>, P.B. BORISOV<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Siberian State Medical University, <sup>2</sup>Tomsk State Pedagogical University, <sup>3</sup>National Research Tomsk Polytechnic University).

*The concentration of biogenic macro- (Na, Ca, Fe) and microelements (Zn, Co, Cr) in peat and bog waters of the Tagan Deposit (Tomsk District, Tomsk Region) was determined by neutron activation analysis. Analysis of samples from several observation points which differ in botanic composition and hydrothermal mode of occurrence showed that the amount of various elements in peat is determined by regional characteristics and botanical composition. From comparative elements concentration analysis, it has been found that concentration of elements varies identically depending on the depth of the peat bog, which indicates typical conditions for the accumulation of these elements. The average concentration of trace elements in the studied peat-bog ecosystem is comparable to the average values of this region.*

*Key words:* biogenic elements, neutron activation analysis, microelements, macroelements, alkaline earth metals, botanical composition, swamp waters, peat.

---

\*ГОЛУБИНА Ольга Александровна – кандидат химических наук, доцент (Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Томский государственный педагогический университет, Томск), ПЕРЕДЕРИНА Ирина Александровна – кандидат химических наук, доцент (Сибирский государственный медицинский университет, Томск), ТВЕРЯКОВА Елена Никитична – кандидат химических наук, доцент (Сибирский государственный медицинский университет, Томск), МИРОШНИЧЕНКО Юлия Юрьевна – кандидат химических наук, доцент (Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Сибирский государственный медицинский университет, Томск), КУРЦЕВИЧ Екатерина Андреевна – лаборант кафедры химии (Сибирский государственный медицинский университет, Томск), БОРИСОВ Петр Борисович – студент (Сибирский государственный медицинский университет, Томск). \*E-mail: mtgolubin@yandex.ru

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-43-700014 p\_a.

## Введение

Торф – древний, но до настоящего времени недостаточно изученный химический ансамбль органических и неорганических веществ природного происхождения. Торф содержит комплекс биологически активных веществ, в составе которого гуминовые и фульвокислоты, более 30 микро- и макроэлементов, таких как натрий, кальций, железо, кобальт, хром и другие [24]. Сочетание органических и минеральных соединений определяет широкий спектр полезных свойств торфа. Каждое из этих веществ участвует в обменных процессах организма, одновременно активизирует метаболизм клеток и тканей. Ценный природный комплекс биоактивных соединений из торфа может использоваться для создания общеукрепляющих и тонизирующих лекарственных средств, способствующих ускорению минерального обмена и повышению защитно-адаптогенных возможностей организма.

Применение лекарственных препаратов на основе торфа обосновано многочисленными исследованиями [5]. Однако концентрация изучаемых макро- и микроэлементов и органических веществ, связанных с ними, варьирует в зависимости от геохимической и экологической обстановки на территории торфяного месторождения.

В настоящее время большой научный и коммерческий интерес представляют торфяные месторождения Западно-Сибирского региона.

Цель исследования – оценка концентрации биогенных макро- и микроэлементов в торфах и болотных водах торфяно-болотной экосистемы Таган (Томский район, Томская область).

Особенность элементного состава торфяных залежей обусловлена разнообразием гидрогеологических условий Западно-Сибирской равнины [2, 13, 20]. К основным источникам поступления неорганических элементов в торфяную залежь относят минеральную часть растений-торфообразователей (первичная зола) и привнесенные с потоками водной и воздушной миграции соединения (вторичная зола) [1, 2]. Известно, что многие макро- (кальций, железо) и микроэлементы (особенно d-элементы – кобальт и хром), поступающие в торфяную залежь, способны образовывать прочные комплексные соединения с гуминовыми и фульвокислотами [3, 8, 18, 23].

Для анализа выбраны шесть биогенных элементов – натрий, кальций, железо, цинк, кобальт, хром, которые участвуют в биохимических процессах живых организмов и растений. Накопление ионов этих металлов в торфах и болотных водах может характеризовать фармакологические свойства растительного сырья [5, 14].

## Материалы и методы

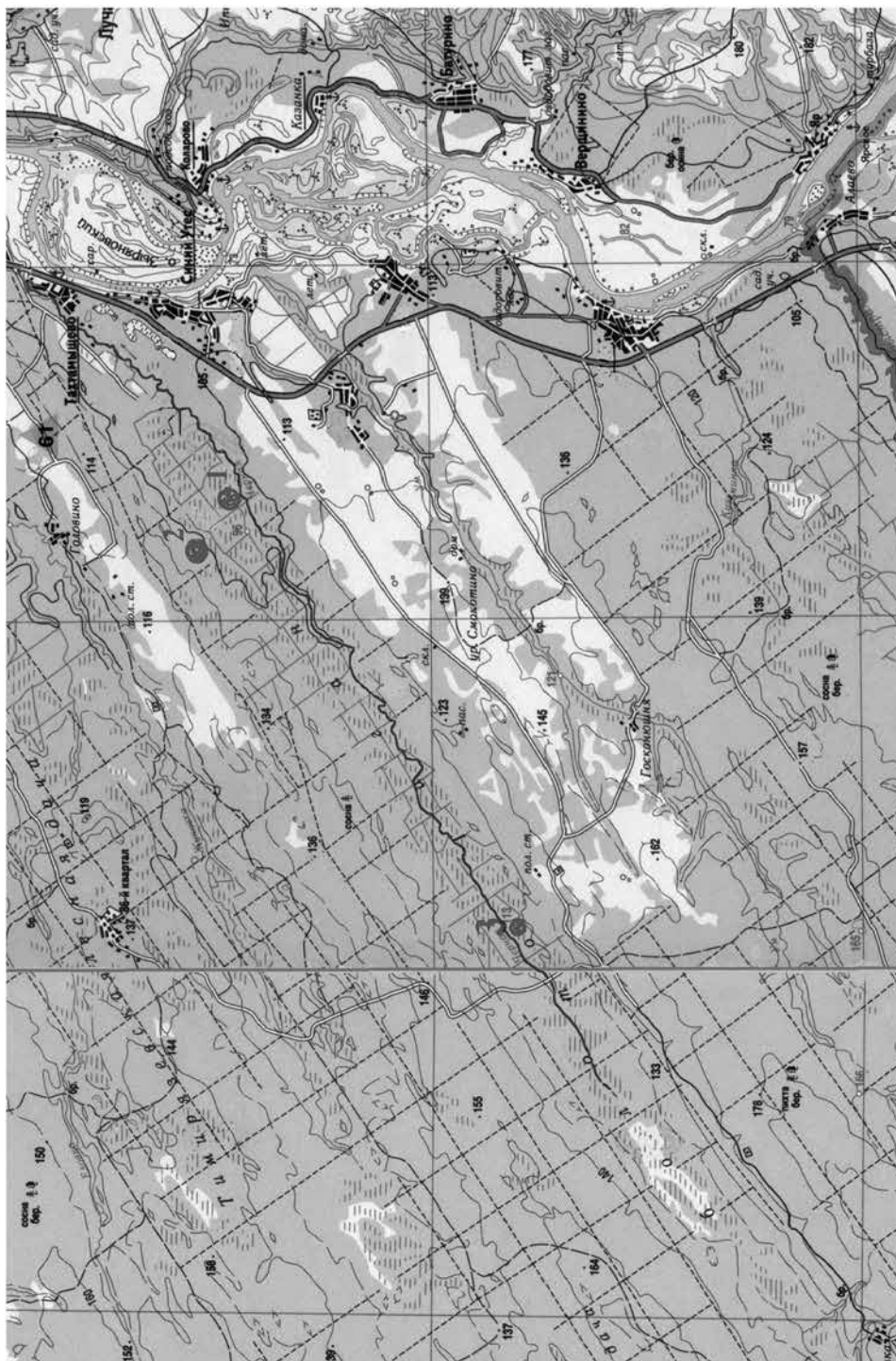
Объектом исследования послужили торфы и болотные воды месторождения Таган, которое находится на территории Томского района Томской области. Его площадь 541 га, запасы торфа при 40%-й влажности составляют 14 766 тыс. м<sup>3</sup> [11].

Торфяная залежь месторождения, наибольшая мощность которой 9,3 м, представлена в основном низинными торфами, подстилающие грунты – песками, супесями и суглинками [10, 19]. Торфяное месторождение подпитывается атмосферными осадками и склоновыми водами, поступающими с вышележащих водосборов. Основные водоприемники объекта – реки Чёрная и Томь. Растительность в настоящее время находится в эвтрофной фазе развития. Почти вся территория торфяного месторождения занята низинными и верховыми фитоценозами древесно-топяных и топяных групп.

Отбор образцов проводили на трех пунктах наблюдений (см. рисунок), находящихся на разных участках месторождения и различающихся по гидротермическим условиям.

Пункт 1 (П.1) представляет собой естественный участок. Мощность торфяной залежи около 300 см. Подстилающая порода – заиленный песок. В древесном ярусе преобладают

Расположение пунктов наблюдений (1–3) на торфяном месторождении Таган [9]



береза и угнетенные сосны. Наземный покров сложен крапивой, осокой и папоротником. Пункт 2 (П.2) расположен на расстоянии 75–100 м от П.1. На территории этого участка проведены борозды глубиной 0,5 м, расстояние между бороздами 2–4 м (агроресомелиорация). Растительный покров сходен с таковым на П.1. Мощность залежи до 300 см, подстиляется песком. Пункт 3 (П.3) – генетический центр данного месторождения. Торфяная залежь здесь имеет мощность до 400 см. Растительный покров иной, чем на территориях П.1 и П.2: древесный ярус – лиственница, сосна, наземный покров представлен в основном осокой на кочках.

Отбор проб торфов в каждом пункте проводили в соответствии с ботаническим составом до минерального грунта. Основные физико-химические и технические характеристики торфов (ботанический состав, степень разложения (R), обменная кислотность (рН), зольность (А)) определяли по стандартным методикам<sup>1, 2, 3</sup>.

Болотные воды отбирали из колодцев, оборудованных на каждом пункте наблюдений. Образцы вод пропускали через фильтр «синяя лента», выпаривали и анализировали содержание макро- и микроэлементов в сухом остатке.

Элементный состав определяли методом нейтронно-активационного анализа. Образцы торфов и сухой остаток болотных вод анализировали на ядерном реакторе, снабженном анализаторной системой «CANBERRA». Навеску сухих торфов и остатка болотных вод озоляли, золу упаковывали в алюминиевую фольгу и вместе со стандартными образцами облучали в вертикальном канале в потоке тепловых нейтронов  $2,2 \cdot 10^{13}$  н/см<sup>2</sup>·с в течение 7 ч.

## Результаты и их обсуждение

При изучении основных характеристик торфов и болотных вод месторождения Таган (см. таблицу) выявлено, что в залежи каждого пункта по мере углубления отбора проб степень разложения и зольность изменяются в зависимости от ботанического состава. Реакция среды изучаемых торфов слабокислая, близкая к нейтральной, находится в интервале 5,79–6,84.

Анализ результатов изучения элементного состава показал, что в болотных водах и торфах данного месторождения наиболее интенсивно накапливаются натрий и кальций. Данную закономерность можно объяснить приносом этих элементов водной фазой и последующим их накоплением растительной массой [28, 29]. Содержание натрия в образцах торфов месторождения не превышает среднего по региону показателя и изменяется в интервале 0,035–0,800 %. Причем наименьшее содержание натрия характерно для залежи П.1 (среднее значение 0,043 %), максимальное – для залежи П.2 (0,190 %).

Необходимо отметить, что концентрация натрия изменяется незначительно по профилю залежей П.1–3: благодаря высокой растворимости и подвижности его соединения легко выносятся из торфяной залежи при условии повышенной влажности. А на глубине 250–275 см отмечается увеличение концентрации натрия во всех трех пунктах наблюдений. Особенно ярко эта тенденция прослеживается в залежах П.2 и П.3, где отмечено увеличение этого показателя в 20 и 10 раз соответственно.

Известно, что торфяные залежи имеют два параллельных слоя, которые гидравлически взаимосвязаны, но интенсивность водообмена в них различна [13, 28]. Верхний слой обладает большей проницаемостью и более высокой скоростью водообмена. Нижний в большей части инертен, имеет низкую скорость водообмена. Из этого следует, что даже подвижные ионы натрия в нижнем (инертном) слое торфяной залежи могут концентрироваться.

<sup>1</sup> ГОСТ 11623-89. Торф и продукты его переработки его для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности. М., 1989. 5 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 28245-89. ТОРФ. Методы определения ботанического состава и степени разложения. М., 1989. 9 с.

<sup>3</sup> ГОСТ 6801-86. ТОРФ. Метод определения зольности в залежи. М., 1986. 4 с.

**Основные характеристики торфов и болотных вод в пунктах наблюдений месторождения Таган (П.1-3)**

Пункт, глубина, см	Группа торфа	Степень разложения R, %	Зольность А, %	ГК	ФК	рН	Содержание макроэлементов, %			Содержание микроэлементов, мг/кг**		
							Na	Ca	Fe	Zn	Co	Ct
<b>Пункт 1</b>												
0-25	Травяной	35	11,17	18,55	15,06	5,79	0,036	1,25	2,20	40,22	2,23	3,71
25-50	-//-	35	9,41	19,24	17,36	5,79	0,038	1,05	1,90	20,10	2,21	2,03
100-125	-//-	30	10,32	17,31	16,06	5,67	0,048	1,14	2,20	32,41	2,24	4,01
200-225	Древесный	40	10,71	16,67	16,28	6,08	0,037	1,35	3,31	29,93	2,36	3,72
250-275	Травяной	40	8,89	18,76	17,44	6,11	0,058	1,59	1,22	26,21	1,71	4,92
<i>Болотная вода*</i>	-	-	-	17,20	32,70	7,40	2,040	0,56	0,36	10,58	1,39	0,64
<b>Пункт 2</b>												
0-25	Древесный	35	14,40	26,51	13,01	6,21	0,044	1,39	3,53	12,62	3,38	3,82
25-50	Травяной	30	12,56	16,10	18,32	5,96	0,035	1,20	1,50	8,63	2,23	2,34
100-125	Древесно- травяной	35	9,99	19,60	16,54	5,81	0,035	1,33	1,51	13,12	2,21	3,10
200-225	Гипново- осоковый	45	9,18	24,09	13,29	5,95	0,038	1,47	1,32	14,63	2,13	4,21
250-275	-//-	45	52,28	15,47	17,02	5,98	0,800	0,94	0,90	20,32	2,09	26,33
<i>Болотная вода*</i>	-	-	-	11,50	45,30	7,10	2,250	0,43	0,43	8,29	1,00	0,36
<b>Пункт 3</b>												
0-25	Вахтовый	35	9,74	36,11	12,09	6,49	0,044	2,11	3,61	46,20	2,10	6,40
25-50	-//-	35	15,07	37,82	12,41	6,40	0,041	2,00	2,32	35,24	1,64	5,70
100-125	Древесно- вахтовый	40	10,82	28,50	11,52	6,45	0,044	2,14	2,73	31,82	1,32	6,50
200-225	Травяной	40	30,25	33,52	11,42	6,52	0,052	2,32	2,40	53,31	1,56	6,80
250-275	Осоковый	50	18,78	44,31	10,02	6,84	0,414	1,64	16,00	39,20	2,10	23,40
<i>Болотная вода*</i>	-	-	-	5,70	9,70	7,60	4,420	0,12	0,56	4,33	0,48	0,38

\* Содержание гуминовых (ГК) и фульвовых (ФК) кислот для болотных вод, мг/л.

\*\* Содержание микроэлементов в болотных водах, мг/л<sup>10<sup>4</sup></sup>.

Среднее содержание кальция составляет 1,53 % во всех пунктах наблюдений. Причем содержание данного элемента в залежах П.1 и П.2 имеет очень близкие значения – 1,28 и 1,27 % соответственно. В залежи П.3 концентрация кальция практически в 2 раза выше – среднее значение 2,042 %. В целом по торфяному профилю концентрация кальция изменяется динамично. В торфяных залежах П.1–3 на глубине 0–25 см содержание ионов кальция (см. таблицу) выше, чем на глубине 25–50 см. Ионы кальция адсорбируются на поверхности торфяной залежи гуминовыми кислотами [27]. Для торфов данного месторождения коэффициент корреляции ( $r$ ) между содержанием гуминовых кислот и содержанием кальция составляет 0,75; между содержанием фульвокислот и кальция наблюдается обратная зависимость ( $r = -0,77$ ). В залежах П.1 и П.2 отмечен рост концентрации кальция на глубине 100–275 см. Но в торфяной залежи П.3 на глубине 250–275 см содержание данного элемента уменьшается. Это может быть связано с изменением ботанического состава торфов с травяного (представленного смесью вахты, осоки и хвоща) на осоковый.

Железо – один из наименее подвижных элементов осадочных пород, однако под действием органических веществ торфа ионы железа ( $Fe_{\text{общ}}$ ) могут участвовать в миграционных процессах. Торфяные массы болот Западной Сибири образуют ландшафтно-геохимические системы различной сложности, в которых миграция химических элементов протекает с участием органического вещества из торфа [26].

Происхождение различных форм соединений железа в торфе связано с особенностями развития торфяника. В торфах низинного типа формирование соединений железа протекает при разложении исходного растительного материала, в котором железо находится в биохимически связанном состоянии, а также при поглощении соединений железа торфяной залежью из фильтрующихся вод путем адсорбции, ионного обмена, комплексообразования на поверхности торфяных частиц и в торфяной воде [3, 7, 16].

Основная часть подвижных форм соединений железа находится в торфе в виде обменных катионов в макромолекулах гумусовых веществ, углеводного комплекса и лигнина. Часть подвижных форм соединений железа, по-видимому, находится на поверхности частиц торфа в виде адсорбированных железоорганических комплексов и коллоидных частиц. Некоторая часть железа связана в торфе в виде непрочных железогумусовых комплексов, способных диссоциировать. При этом ионы железа переходят в раствор (например, комплексы железа с фульвокислотами).

При сравнении полученных экспериментальных значений содержания общего железа (см. таблицу) обнаружено, что его концентрация в залежи П.1 изменяется от 1,2 до 3,3 %. В профиле П.2 содержание железа составляет 0,9–3,5 %. В профиле исследуемых участков выделяются горизонты с повышенным содержанием железа. На естественном участке П.1 такой горизонт находится на глубине 175–200 см, где среднее содержание  $Fe_{\text{общ}}$  составляет 3,3 %. В залежи П.2 в результате осушения происходит концентрирование  $Fe_{\text{общ}}$  в верхнем слое торфяной залежи (0–25 см). Торфяная залежь П.2, подвергшаяся агролесомелиорации, в целом характеризуется более низким содержанием общего железа – 1,74 % по сравнению с торфами П.3. В целом в торфяной залежи П.3 концентрация железа в 2 раза выше, чем в залежах П.1 и П.2. Увеличение концентрации железа в залежи П.3, возможно, связано с реакцией среды, близкой к нейтральной ( $pH = 6,4–6,8$ ), при которой ионы железа могут образовывать малоподвижные гидросоединения. Резкое увеличение концентрации железа на глубине 250–275 см (до 16 мг/кг) связано с привнесением минеральных соединений из подстилающей породы.

У железа, аналогично кальцию, наблюдается прямая зависимость между его концентрацией и содержанием ГК ( $r = 0,66$ ) и обратная зависимость между содержанием железа и ФК ( $r = -0,57$ ), что еще раз подтверждает присутствие ионов железа и кальция в составе гуминовых комплексов.

Кобальт и хром, в отличие от железа, встречаются в торфяных залежах в низких концентрациях и являются рассеянными элементами. Многие авторы отмечают [6, 14, 18], что

в болотных фитоценозах при разложении органического вещества микроэлементы (Co, Cr и др.) накапливаются в слабопроточных болотных водах и концентрируются в растениях. Поэтому, несмотря на меньшее количество древесной растительности по сравнению с лесами, в болотных фитоценозах в биологический круговорот вовлекаются большие массы рассеянных элементов.

Для элементов Co, Cr прослеживаются благоприятные гидротермические условия биогенной аккумуляции в верхнем слое торфяного профиля. На глубине 25 см наблюдается снижение концентрации этих элементов в среднем в 1,5 раза. В целом колебания концентраций на глубинах 50–225 см в П.1–3 незначительны. И только вблизи придонного слоя, на глубине 250–275 см, происходит резкое изменение концентраций – увеличивается накопление Cr в залежах всех трех пунктов наблюдений. Максимальное накопление отмечается в залежи П.2 – 26,33 мг/кг. Высокий коэффициент корреляции ( $r = 0,95$ ) между содержанием хрома и натрия и ( $r = 0,54$ ) между содержанием хрома и железа свидетельствует о том, что большая часть хрома входит в состав первичных минералов и оксидов железа в форме  $Cr^{+3}$  [8, 26].

Ранее нами были изучены окислительно-восстановительные условия торфяной залежи месторождения Таган [12]. Исследования показали, что окислительно-восстановительный потенциал в верхних слоях залежи торфа (0–50 см) составляет (200–600 мВ), что свидетельствует о преобладании окислительных процессов, а в нижних слоях (50–275 см) условия меняются на восстановительные ( $\Phi = |-200|$  мВ). Понижение кислотности среды ( $pH > 5,5$ ) при высокой концентрации ионов железа (II) приводит к восстановлению Cr (VI) до Cr (III) с образованием относительно нерастворимой гидроокиси  $Cr_{1-x}Fe(OH)_3 \times nH_2O$  [6].

Среднее содержание кобальта в торфах экосистемы Таган составляет 2,1 мг/кг, что в три раза ниже кларкового значения, равного 7,3 мг/кг [14, 17], и в 1,5 раза ниже усредненного значения в торфах Западной Сибири [1]. В образцах, сложенных древесными торфами, отмечается небольшое увеличение содержания Co, в среднем в 1,2 раза по сравнению с травяными торфами. Полученные нами экспериментальные данные подтверждают мнение авторов [2] о том, что в древесно-осоковых болотах, подстилаемых песчаниками или глинами, содержание кобальта принимает невысокие значения и стабильно по всей глубине торфяного профиля. Кобальт в природных объектах в кислой среде находится преимущественно в состоянии  $Co^{2+}$ . По данным работы [22], оксиды железа в кислой среде обладают избирательной способностью к адсорбции кобальта. Значение pH, близкое к нейтральному, и отсутствие корреляции между железом и кобальтом в торфяной залежи месторождения Таган подтверждают данную зависимость.

Содержание цинка в торфах данного месторождения составляет 28,66 мг/кг. Наиболее высокие концентрации цинка отмечены в торфах П.1 и П.3 – 29,77 и 41,15 мг/кг соответственно, а наиболее низкие – в торфах осушенного участка П.2. – 13,86 мг/кг. Повышенные концентрации цинка в верхних слоях залежи указывают на биогенную аккумуляцию данного элемента. В целом по всем пунктам наблюдения можно отметить, что коэффициент корреляции между содержанием гуминовых кислот (ГК) и содержанием цинка составляет  $r = 0,62$ , а между содержанием фульвокислот (ФК) и цинка  $r = -0,59$ . Это дает основание предположить, что ионы цинка частично связаны в комплексные соединения с ГК.

Торфы П.3 имеют самое высокое значение pH – 6,5 и отличаются высокими концентрациями цинка и кальция. Известно [22], что торфы, насыщенные кальцием, максимально адсорбируют цинк. Подвижность ионов цинка уменьшается с увеличением степени насыщенности торфов кальцием и фосфором [19, 21], возможно, вследствие образования малорастворимых фосфатов. В залежи данного пункта валовое содержание фосфора достигает 2,25 % [10]. Вычисленный коэффициент корреляции  $r = 0,66$  между цинком и кальцием указывает на взаимодействие между этими элементами. Известно, что основной и наиболее подвижной формой цинка в природных объектах является  $Zn^{2+}$ , а важнейшими процессами, контролирующими подвижность цинка, являются адсорбция, окклюзия,

образование хелатных и комплексных соединений, а также микробиологическая фиксация [21]. Можно предположить, что ионы  $Zn^{2+}$  в торфяной залежи находятся в виде коллоидных малоподвижных гидроксида и фосфата цинка.

Таким образом, анализ результатов исследования показывает, что из макроэлементов в торфе лучше всего накапливаются железо и кальций, из микроэлементов – цинк.

Одновременно с образцами торфов на пунктах наблюдений П. 1–3 были отобраны из колодцев и проанализированы болотные воды.

Химический состав болотных вод определяется рядом факторов [26]. К внешним факторам относятся геоморфологическое положение болот, особенности водного питания, химический состав почвообразующих пород. Внутренние факторы обусловлены интенсивностью биохимических процессов, протекающих в торфяной залежи.

Воды болот характеризуются рядом специфических особенностей – они обогащены веществом гумусовой природы, содержат значительные количества органических и минеральных веществ и окрашены в желтоватый или коричневый цвет.

По литературным данным [4, 15, 25], среднее значение pH для болот низинного типа составляет 6,7. Для болотных вод исследуемых пунктов наблюдений (П.1–3) pH варьирует от 7,1 до 7,6. Реакция среды может быть охарактеризована как слабощелочная. Образцы болотных вод являются гидрокарбонатно-кальциевыми с общей минерализацией 163 мг/л.

Гуминовые и фульвокислоты составляют основную часть органического вещества болотных вод [4]. Состояние ГК и ФК и их соотношение в болотных водах определяются химическим составом вод, pH среды и другими факторами. Содержание ГК в исследуемых образцах воды изменяется от 5,7 до 17,2 мг/л.

Повышенная растворимость ФК по сравнению с ГК способствует увеличению их концентрации в болотных водах. В процессе окисления ГК происходит деструкция их макромолекул на составные части и уменьшение молекулярной массы [4]. Содержание ФК в болотных водах составляет 9,7–45,3 мг/л. Количество ФК в водах П.1 и П.2 значительно выше, чем в водах П.3, концентрация ФК более чем в 2 раза превышает содержание ГК.

Анализ результатов исследования показывает, что болотные воды по сравнению с торфами в большей степени обогащены солями натрия и цинка, в меньшей – хромом и железом. По содержанию макроэлементов натрия и железа болотные воды и торфы имеют одинаковое распределение. Установлено, что максимальное содержание этих элементов – в торфах и водах П.3. Распределение цинка и хрома в болотных водах отличается от их распределения в торфах. Максимальное содержание цинка отмечено в торфах П.1, минимальное – в воде П.3. Для хрома максимальная концентрация зафиксирована в болотной воде П.1, минимальная – в торфах П.2, 3. Из этого следует, что в болотные воды мигрируют более подвижные растворимые формы изучаемых нами макро- и микроэлементов, а малорастворимые формы остаются в торфяной залежи.

В связи с тем что торфы месторождения Таган обогащены соединениями железа, цинка, а также имеют в своем составе хром и кобальт, их можно рассматривать в качестве сырья для производства биологически активных препаратов.

## Выводы

1. Общее содержание натрия, кальция, железа, цинка, хрома, кобальта в торфах и болотных водах торфяного месторождения Таган Томского района определено методом нейтронно-активационного анализа. Установлено, что элементы избирательно накапливаются в разных слоях торфяной залежи в соответствии с геохимическими зонами.

2. Максимальная концентрация изучаемых нами микро- и макроэлементов установлена в торфах и болотных водах генетического центра торфяного месторождения пункта 3.

3. Изменения концентраций ионов натрия, кальция, железа, цинка, хрома, кобальта на одной и той же глубине в трех пунктах наблюдений происходят с высокой степенью синхронности, что свидетельствует о типичности условий накопления этих элементов в течение всего периода формирования залежи.



4. Содержание изучаемых макро- и микроэлементов в торфах месторождения Таган сопоставимо со средними значениями для данного региона и не превышает предельно допустимых концентраций для растительного лекарственного сырья. Поэтому торфы могут быть использованы для получения актуальных лекарственных препаратов. При этом следует учитывать неоднородный состав торфяной залежи и тщательно контролировать отбор сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арбузов С.И., Архипов В.С., Бернатонис В.К., Бобров В.А., Маслов С.Г., Межибор А.М., Прейс Ю.И., Рихванов Л.П., Судыко А.Ф., Сысо А.И. Среднее содержание некоторых элементов-примесей в торфах юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2009. Т. 315, № 1. С. 44–48.
2. Архипов В.С., Бернатонис В.К., Резчиков В.И. Железо в торфах центральной части западной Сибири // Почвоведение. 1997. № 3. С. 345–351.
3. Архипов В.С., Бернатонис В.К. Распределение кальция и железа в вертикальном профиле торфяных залежей таежной зоны Западной Сибири // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2013. Т. 323, № 1. С. 173–178.
4. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И., Корчунов С.С., Петрович В.М. Технический анализ торфа. М.: Недра, 1992. 358 с.
5. Бузлама А.В., Чернов Ю.Н. Анализ фармакологических свойств, механизмов действия и перспектив применения гуминовых веществ в медицине // Эксперим. и клинич. фармакология. 2010. Т. 3, № 9. С. 43–48.
6. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
7. Водяницкий Ю.Н., Плеханова О.И. Биогеохимия тяжелых металлов в загрязненных переувлажненных почвах // Почвоведение. 2014. № 3. С. 273–282.
8. Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Биогеохимия углерода, железа и тяжелых металлов в переувлажненных почвах // Почвоведение. 2015. № 3. С. 3–12.
9. Географические карты районов Томской области. – <http://tomsk-obl.ru/1262402.html> (дата обращения: 03.02.2020).
10. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высш. шк., 1988. 324 с.
11. Голубина О.А., Твержкова Е.Н., Передерина И.А., Жолобова Г.А., Борисов П.Б., Иванова И.А., Зыкова М.В. Закономерности распределения подвижных соединений  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  в торфяной залежи эвтрофного болота // Экол. химия. 2019. Т. 28, № 2. С. 69–78.
12. Голубина О.А., Горельский В.А., Жильцов К.Н., Лайком А.О. Свойства пирогенных торфяных эвтрофных почв болота Таган (юг Томской области) // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2015. № 391. С. 232–237.
13. Голубина О.А. Химическая характеристика углеводородного сырья месторождения «Таган» // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. 2015. № 3. С. 11–18. (Серия: Химия. Биология. Фармация).
14. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 400 с.
15. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В. Водные ресурсы болот России и оценка их химического состава // География и природные ресурсы. 1998. № 2. С. 79–84.
16. Зонн С.В. Железо в почвах. М.: Наука, 1982. 207 с.
17. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 т. М.: Недра, 1994–1999.
18. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
19. Инишева Л.И., Виноградов В.Ю., Голубина О.А., Ларина Г.В., Порохина Е.В., Шинкеева Н.А., Шурова М.В. Болотные стационары Томского государственного педагогического университета. Томск: Изд-во ТГПУ, 2010. 148 с.
20. Инишева Л.И., Боровкова А.Ф., Порохина Е.В., Аристархова В.Е. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование. Томск: Томский гос. педагог. ун-т, 2007. 224 с.
21. Инишева Л.И., Цыбукова Т.Н., Веретенникова Е.Э. Содержание химических элементов в торфах южно-таежной подзоны Западной Сибири // Проблемы биогеохимии и геохим. экологии. 2012. № 3 (20). С. 13–22.
22. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
23. Литвинова Т.Н., Выскубова Н.К., Ненашева Л.В. Биогенные элементы. Комплексные соединения / под ред. проф. Т.Н. Литвиновой. Ростов н/Д.: Феникс, 2009. 283 с.
24. Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. Физика и химия торфа. М.: Недра, 1989. 302 с.
25. Нейштадт М.И., Жуков В.М., Олюнин В.Н. и др. Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. М.: Наука, 1977. 227 с.
26. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов. М.: Астерия-2000, 1999. 610 с.
27. Поляков Е.В., Волков И.В., Хлебников Н.А., Цуканов Р.Р., Иошин А.А. Конкурентная сорбция как метод дезактивации материалов // Радиохимия. 2015. Т. 57, № 2. С. 149–153.
28. Рассказов Н.М. Основные особенности химического состава болотных вод (на примере юго-восточной части Западной Сибири) // Изв. Томск. политехн. ун-та. 2005. Т. 308, № 4. С. 55–58.
29. Шварцев С.Л., Рассказов Н.М., Сидоренко Т.М., Здвижков М.А. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота // Современное состояние и процессы развития / под ред. М.В. Кабанова. Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2002. С. 139–149.