

УДК 631.811.944.631.445.12

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАРГАНЦА В ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Архипов Виктор Сергеевич,

канд. хим. наук, доцент кафедры химической технологии топлива
и химической кибернетики Института природных ресурсов ТПУ,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30. E-mail: vsa@tpu.ru

Бернатонис Вилис Казимирович,

канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры геологии и разведки
полезных ископаемых Института природных ресурсов ТПУ,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30.

Цель исследования: изучение распределения марганца в торфяных залежах Томской области. Ранее выявлены закономерности в распределении железа, кальция и ряда микроэлементов в торфяных залежах Томской области.

Актуальность. Освоение торфяных ресурсов Томской области позволит наладить выпуск торфяной продукции для земледелия, медицины, энергетики. Квалифицированное использование торфов требует знания не только технологических свойств торфа, но и его минерального состава, особенно содержания биологически активных элементов, к которым относится марганец.

Методы исследования. В ходе исследования проводились полевые работы на торфяных болотах Томской области. Отбирали послойные пробы торфа на 8 болотах таёжной зоны Томской области. Обследовали как верховые водораздельные болота, так и низинные болота речных долин. Определение марганца в торфепроводили путем окисления ионов марганца в азотнокислом растворе персульфатом аммония в присутствии нитрата серебра. Концентрацию перманганат-ионов в растворе определяли на фотоколориметре КФК-2МПс кюветой 50 мм при длине волны 530 нм.

Результаты. Установлено, что содержание марганца в торфяных залежах таёжной зоны Томской области изменяется от 20...50 до 900...950 мг/кг сухого торфа. Минимальные содержания марганца обнаружены в центрах верховых водораздельных болот, а максимальные – в низинных болотах речных долин. На периферии крупных болотных систем распространены переходные и низинные залежи с содержанием марганца 200...300 мг/кг. Наиболее обогащены марганцем слои торфа с известковой минерализацией.

Выводы. Распределение марганца в болотных массивах и системах разной сложности подчиняется закономерностям ландшафтно-геохимических систем. Среди них выделяются геохимически сопряженные автономные и подчиненные звенья, связанные потоками миграции болотных и почвенно-грунтовых вод.

Ключевые слова:

Торфяная залежь, марганец, распределение, накопление, миграция.

Введение

Многие авторы относят марганец к числу микроэлементов, играющих важную роль в физиологии растений и животных [1]. Марганец в составе торфов рассматривается как один из ценных элементов для использования торфа в земледелии. Представляет интерес также содержание марганца при использовании торфа в процессах биотехнологии и энергетике.

Современное распределение марганца в торфяных залежах Томской области складывалось в течение голоцена и определялось гидрогеохимическими условиями торфонакопления. Разнообразие этих условий привело к формированию разных типов торфяных залежей с широким диапазоном содержания зольных элементов и микроэлементов.

Известны следующие источники поступления марганца и других минеральных элементов в торфяную залежь [2]:

- 1) минеральная часть растений-торфообразователей (первичная зола);
- 2) привнесенные в торфяную залежь минеральные соединения с потоками водной и воздушной миграции (вторичная зола). В составе вторичной золы обычно различают кластогенную (механически задержанные частицы), сорб-

ционную золу, а также золу различных органо-минеральных соединений, образовавшихся при взаимодействии торфа с болотными водами.

Процессы торфонакопления обусловили повышенную концентрацию органического вещества (ОВ) в природных водах четвертичной водоносной толщи. Пониженный редокс-потенциал торфяных залежей и заболоченных почв вызывает изменение валентных состояний марганца, а следовательно, его свойств, путей и форм миграции. В ходе оторфовывания болотной растительности возникает большое разнообразие реакционно-способных органических соединений и на их основе органо-минеральных производных с иными химическими свойствами. Агрессивность живых растений по отношению к минеральным компонентам в силу своего резкого количественного преобладания намного выше, чем в других ландшафтах таёжной зоны. В результате возрастает подвижность элементов переменной валентностью – железа и марганца [3]. В геохимии этих элементов много общего. Образование железомарганцевых конкреций в кислой среде отражает это сродство [1]. Марганец более разнообразен по возможным соединениям по сравнению с железом. Он легко образует серию соединений различных степеней окисления от +2 до +7. В кислой среде

торфяной залежи преобладает ион Mn^{2+} . При изменении режима питания может происходить трансформация соединений марганца. Такое изменение режима питания происходит при формировании торфяной залежи олиготрофных выпуклых болот, доминирующих в южной и средней тайге Западной Сибири. В общем случае торфяной массив проходит 3 фазы развития [4, 5]:

- 1) ранняя евтрофная фаза-заполнение торфом депрессии рельефа (котловина, западина); в питании преобладали поверхностно-сточные и грунтовые воды с повышенной минерализацией;
- 2) средняя мезотрофная фаза-выход торфяной залежи на уровень окружающих почвогрунтов; питание смешанного типа с близким участием атмосферных и поверхностно-сточных вод;

- 3) фаза выпуклого верхового болота с преимущественно атмосферным питанием, наиболее бедным по минеральному составу.

Соотношение между фазами развития олиготрофного болотного массива зависит от рельефа местности и гидрогеохимических условий, что приводит к большому разнообразию строения торфяных залежей. Дальнейшее разрастание локальных болотных массивов приводит к их слиянию и образованию сложных болотных систем, таких как Васюганская и Салымо-Юганская. Распределение железа, кальция и других элементов в торфяных залежах Томской области представлено в ранее проведенных работах [6–8]. В данной работе изучено распределение марганца в торфяных залежах этой территории.

Таблица. Характеристика изученных болот

Table. Characteristic of the investigated bogs

Номер и название болота [9] No. and title of the bog [9]	Положение в рельефе Position in relief	F, га (ha) [9]	H, м (m) [9]	Основные виды торфяной залежи The main types of peat deposit	Число скважин и проб торфа Number of peat wells and samples
Верховые сфагновые болота/Highland acid bogs					
№ 397 Васюганское (участок 5 у с. Кр. Бакчар) № 397 Vasyuganskoe (area 5 near Bakchar)	Междуречье рек Бакчар–Икса южнее дороги Томск–Бакчар Bakchar–Iksha interfluvium to the south of Tomsk–Bakchar road	17918	1,94	В. фускум, магелланикум, п. топяная U. fuscum, magellanicum, T. swampy	12 (77)
№ 397 Васюганское (участок 22) № 397 Vasyuganskoe (area 22)	Междуречье в районе слияния р. Чая–Нюрса с. Стрельниково Chaya–Nyursa interfluvium near Strel'nikovo	14917	2,81	В. Фускум, магелланикум, н. лесотопяная U. fuscum, magellanicum, L. woody-swampy	11(68)
№ 768 Семиозерье (юго-западный участок) № 768 Semiozerye (south-west area)	Древняя ложбина стока в Кеть-Чулымском междуречье Ancient shallow of flow in Ket-Chulyum interfluvium	5984	2,66	В. фускум, комплексная, п. топяная U. fuscum, complex, T. swampy	7(55)
№ 679 Полудёновское № 679 Poludenovskoe	Третья левобережная терраса р. Кеть у с. Белый Яр The third left bank terrace of the river Ket near Bely Yar	19503	2,47	В. фускум, комплексная, н. топяно-лесная U. fuscum, complex, L. swampy-woody	6(46)
№ 542 Колпашевское № 542 Kolpashevskoe	Первая и вторая левобережная терраса р. Кеть, на юг от с. Тилсино The first and the second left bank terrace of the river Ket, to the south from Tipsino	8553	2,18	В. фускум, п. топяная, н. многослойная лесотопяная U. fuscum, T. swampy, L. multilayer woody-swampy	8 (47)
Низинные болота/Lowland bogs					
№ 755 Суховское (южный участок) № 755 Sukhovskoe (south area)	Первая левобережная терраса р. Бакчар The first left bank terrace of the river Bakchar	3434	3,27	Н. лесная, осоковая, осоково-гипновая L. woody, sedgy, sedge-hypnum	9 (76)
№ 932 Клюквенное № 932 Klyukvennoe	Правобережная терраса р. Томь Right bank terrace of the river Tom	4800	3,26	Н. топяно-лесная, многослойная лесотопяная L. swampy-woody, multilayer woody-swampy	7 (45)
№ 902 Гусевское (южный участок) № 902 Gusevskoe (south area)	Вторая и третья левобережная терраса р. Обь The second and the third left bank terrace of the river Ob	7600	1,77	Н. осоковая, древесно-осоковая, осоково-гипновая, топяно-лесная, лесотопяная L. sedgy, woody-sedge, sedge-hypnum, swampy-woody, woody-swampy	14 (76)

F, H – площадь и средняя глубина торфяной залежи; В, П, Н – верховая, переходная, низинная залежь.

F, H are the area and average depth of peat deposit; U, T, L are upland, transition, lowland deposit.

Методика исследований

В ходе полевых работ обследовано 8 болот таежной зоны (южная тайга), расположенных на территории Томской области (таблица). Доминирующие в таежной зоне Западной Сибири верховые сфагновые болота в южной тайге сложены разнотипными залежами. В Обь-Иртышском междуречье такие болота занимают водоразделы рек, образуя крупнейшую в мире Васюганскую болотную систему. Обследованные участки этой системы (№ 5, 22) входят в состав Большого Васюганского болота (БВБ) общей площадью 3,582 млн га [10]. Состав и строение изученных участков характерны для северных отрогов БВБ, занимающих вторичные водоразделы рек бассейна Оби: Шегарки, Иксы, Бакчара. Ряд изученных верховых болот южной тайги (Семиозёрье, Колпашевское, Полудёновское) расположены на террасах и склонах водоразделов правых притоков Оби (Чулым, Кеть). Крупные низинные болота представлены торфяниками Суховское, Гусевское (левобережье Оби) и Ключевенное (правобережье Оби).

Пробы торфа отбирали на типичных для каждого болота участках торфяной залежи в 6–14 пунктах (таблица), выбранных по материалам геологической разведки и в основном совпадающих с пунктами разведочной сети. Пробы отбирали ручным торфяным буром на полную глубину залежи послойно с интервалом 0,5 м. Всего было отобрано 490 проб. В пробах определено содержание золы (ГОСТ 11306–83), влаги (ГОСТ 11305–83) и марганца.

Определение марганца в торфе основано на окислении ионов марганца персульфатом аммония в азотнокислом растворе в присутствии нитрата серебра и фосфорной кислоты и последующем фотоколориметрическом анализе окрашенного раствора [11]. Для этого навеску торфа спекают со смесью Эшка при 815°C в течение 2-х часов. Полученный спек растворяют в разбавленной 1:3 серной кислоте, затем упаривают раствор, а сухой остаток растворяют в 3 % азотной кислоте. После окисления марганца до перманганата его содержание в окрашенном растворе определяют на фотоколориметре КФК-2МП в кювете 50 мм при длине волны 530 нм.

Обсуждение результатов

Анализ полученных данных по распределению марганца в торфяных залежах изученных болот (таблица) показал, что содержание Mn изменяется в широком диапазоне – от нескольких десятков (20...30 мг/кг) до 950 мг/кг сухого торфа. Пониженные уровни накопления марганца характерны для верховых сфагновых болот, доминирующих в подзоне средней и южной тайги Томской области. Эта особенность верховых сфагновых болот обусловлена их ландшафтно-геохимической спецификой, связанной с их расположением в рельефе. Представителями таких болот являются участки Васюганской болотной системы – № 5 у с. Красный Бакчар и № 22. Эти участки занимают между-

речья притоков р. Чаи – Бакчара, Иксы, Нюры. В структуре таких болот наблюдается зональность болотных ландшафтов, четко выраженная в расположении и строении болотных водосборов на аэрокосмических снимках болотных массивов. Последовательность расположения отдельных участков торфяных залежей подчиняется закономерностям развития ландшафтно-геохимических систем [12], элементарным звеном которых является однородный участок торфяной залежи – болотный биогеоценоз в терминологии О.Л. Лисс [5].

Расположение болотных биогеоценозов (ББГЦ) можно представить как каскадную ландшафтно-геохимическую систему (КЛГС), в которой выделяется водораздельная зона, зона склона и периферийная зона, примыкающая к водоприемнику. В центральной водораздельной части болотного массива обычно располагается верховая сфагновая залежь (фускум, комплексная, грядово-мочажинная). Это звено является автономной частью КЛГС, т. к. получает атмосферное питание и не зависит от остальных звеньев КЛГС. Эта часть болотного массива наиболее бедна по минеральному составу. Содержание марганца в торфе не превышает 100 мг/кг (рис. 1) и несколько возрастает по глубине. На склонах водосбора располагаются более требовательные к питанию залежи лесной группы. Этот участок получает питание продуктами разложения с водораздела и одновременно происходит вынос продуктов разложения и выщелачивания в депрессию болотного водотока. Эти участки геохимически подчинены, т. к. вследствие направленной латеральной миграции в них привносится (частично проходит транзитом) питание с вышерасположенных по водосбору склона и водораздела болотного массива. Зона, примыкающая к водоприемнику часто занята переходными, смешанными и низинными залежами, обогащенными марганцем (рис. 1). Как правило, периферийная залежь окаймляет широкой полосой центральную часть болотного массива. Содержание марганца в этой зоне обычно снижается по глубине залежи. Это связано с биологическим поглощением марганца корневой системой болотных растений. Все растения отличаются специфической потребностью в марганце, и, вероятно, наиболее важной его функцией является участие в окислительно-восстановительных реакциях. Известно, что Mn^{2+} – специфический компонент двух ферментов: аргиназы и фосфотрансферазы. Он может также замещать магний в других ферментах. Механизм, посредством которого Mn^{2+} увеличивает активность некоторых оксидаз, точно пока не установлен, но предполагается, что это связано с изменением валентности между Mn^{3+} и Mn^{2+} . Марганец участвует в кислородобразующей системе фотосинтеза, а также играет основную роль в переносе электронов фотосинтезирующей системы. По-видимому, слабосвязанная в хлоропластах форма марганца участвует в выделении кислорода, тогда как прочносвязанная его форма участвует в переносе электронов при фотосинтезе [13].

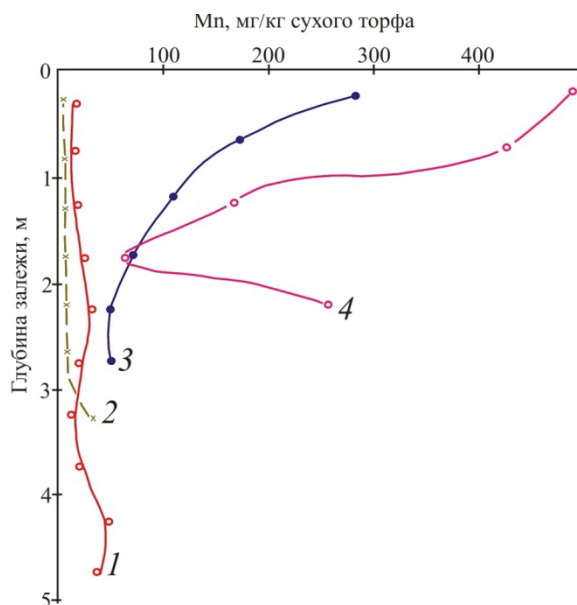


Рис. 1. Послойное распределение марганца по глубине торфяных залежей верховых сфагновых болот: 1 – фускум залежь (Васюганское уч. 5, центр массива); 2 – магелланикум залежь (Васюганское уч. 5, центр массива); 3 – переходная топяная (Васюганское уч. 5, периферия); 4 – низинная многослойная лесно-топяная (Колпашевское, терраса р. Кеть)

Fig. 1. Manganese layered distribution over peat deposit depth in upland acid bogs: 1 – fuscum-deposit (Vasyuganskoe area 5, the center of the array); 2 – magellanicum-deposit (Vasyuganskoe area 5, the center of the array); 3 – transition swampy (Vasyuganskoe area 5, periphery); 4 – lowland multilayer woody-swampy (Kolpashevskoe, terrace of the river Ket)

Периферийная зона хорошо выражена на разнотипных болотах таёжной зоны Томской области, но ее доля в общей площади болот непостоянна. Она возрастает с севера на юг, и в южной тайге ее участие гораздо выше, чем в средней. Содержание Mn в залежах этой зоны обычно выше 100 мг/кг и достигает 300...400 мг/кг в наиболее богатых слоях залежи (рис. 1). Среди верховых болот высокими уровнями накопления Mn отличаются верховые сфагновые болота террасного залегания – Колпашевское, Семиозёрье и другие разнотипные болотные массивы южной тайги.

Наиболее обогащены марганцем низинные болота, расположенные в долинах рек – на низких террасах и в поймах. Среди исследованных болот к таким относятся Суховское, Гусевское, Клюквенное. Они полностью сложены низинной залежью и достигают значительных размеров – до 10 тыс. га. Однако большая часть низинных болот относится к малым, площадью менее 1000 га [14], и характеризуются повышенной зольностью. Богатое минеральное питание низинных болот обеспечивается главным образом за счет привноса минеральных веществ с почвенно-грунтовыми водами, а в ряде случаев – поступлением и делювиальных наносов. Условия водно-минерального питания таких болот, а следовательно, величина зольности торфов и

состав их минеральной части находится в зависимости от геоморфологического окружения торфяника и характера водосбора. В таёжной зоне состав почвенно-грунтовых вод формируется при определяющем влиянии процессов торфонакопления и заболачивания. Первым звеном в формировании почвенно-грунтовых вод являются верховые болота водоразделов, на которых атмосферная влага обогащается органическими и минеральными соединениями торфяных залежей и подстилающих грунтов. В дальнейшем почвенно-грунтовые воды с водораздельных болот поступают на прилегающие заболоченные территории склонов водоразделов и затем в низинные болота речных террас и пойм. Таким образом, при современном уровне заболачивания таёжной зоны Западной Сибири и Томской области миграция химических элементов протекает в сопряженных геохимических ландшафтах, включающих в качестве автономного звена верховое болото водораздела, а в качестве подчиненного – низинное болото речной долины. В качестве промежуточного звена выступают разной степени заболоченные леса на склонах водоразделов. Примером такой КЛГС является сопряженная система, включающая верховое болото Кайтас № 901, гидравлически связанное с ним низинное болото Гусевское № 902, расположенное на 2–3 левобережной террасе р. Обь (рис. 2) и болото Обское II № 903, занимающее левобережную пойму р. Обь. В данной сложной системе формирование почвенно-грунтовых вод и мобилизация марганца локализуется на болоте Кайтас и в подстилающих грунтах болотного массива. Далее образовавшиеся почвенно-грунтовые воды с речным и подземным стоком поступают в торфяную залежь болота Гусевское и распределяются по его объему. При этом часть марганца включается в биологический круговорот, часть адсорбируется торфяной залежью, а остаток с дополнительно образовавшимся марганцем в процессе торфообразования поступает с гидрохимическим стоком в нижнюю ступень КЛГС – пойменное болото Обское II.

Богатое водно-минеральное питание болотного массива Гусевское привело к повышенной минерализации торфяной залежи и обогащению ее железом [6]. Из результатов анализа 76 проб южного участка болота установлено, что содержание марганца колеблется в интервале 128...892 мг/кг сухого торфа. Содержание марганца имеет разный характер распределения по глубине торфяной залежи. Распространённые на торфянике низинные древесно-осоковые и топяно-лесные залежи отличаются однородностью в распределении марганца по глубине и средними значениями 500...600 мг/кг сухого торфа (рис. 3). Обычно отмечается обогащение марганцем придонных слоев залежи, иногда до 700...800 мг/кг. Нередки случаи слабо выраженного обогащения марганцем поверхностного слоя залежи. В центральных участках массива отмечены случаи низкого содержания марганца в поверхностном слое залежи – около

100 мг/кг, при этом обычно наблюдается быстрый рост содержания марганца по глубине. Минерализация придонных слоёв торфяной залежи широко распространена на торфяных болотах и связана с выщелачиванием подстилающего грунта кислыми продуктами разложения торфа (карбоновые и фульвокислоты).

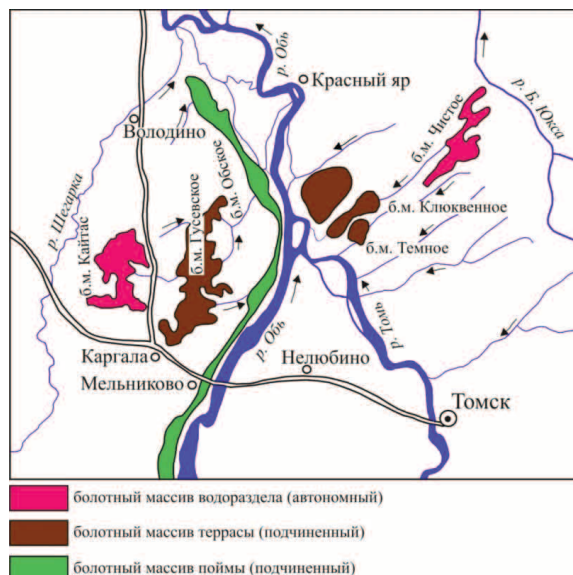


Рис. 2. Схема расположения геохимически сопряженных болотных массивов (б. м.)

Fig. 2. Diagram of geochemically conjugated bog massif (b. m.) location

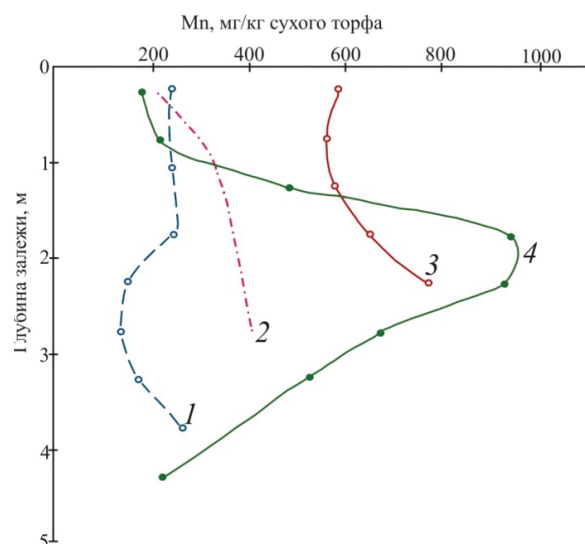


Рис. 3. Послойное распределение марганца в низинных залежах болот речных долин: 1 – лесная (Суховское, терраса р. Бакчар); 2 – топяно-лесная (Кляквенное, терраса р. Томь); 3 – лесо-топяная (Гусевское, терраса р. Обь); 4 – осоково-гипновая (Суховское, терраса р. Бакчар)

Fig. 3. Manganese layered distribution in lowland deposits of the river valleys bogs: 1 – woody (Sukhovskoe, terrace of the river Bakchar); 2 – swampy-woody (Klyukvennoe, terrace of the river Tom); 3 – woody-swampy (Gusevskoe, terrace of the river Ob); 4 – sedge-hypnum (Sukhovskoe, terrace of the river Bakchar)

Особенностью минерального состава болотного массива Суховское является известковистая минерализация средних и глубоких слоев торфа [8]. В.М. Елисеева [15] также отмечала совместные отложения в залежи болота Суховское карбонатных и железистых слоев торфа, однако на исследованном нами южном участке обнаружена только карбонатная минерализация. Содержание железа в торфе обычно не превышает 1...2 % [6].

По результатам определения марганца в торфе болотного массива Суховское установлено, что содержание марганца обычно выше 100 и доходит до 950 мг/кг сухого торфа. На участке лесной залежи среднее содержание марганца составляет 200...300 мг/кг. Наиболее распространенные на торфянике осоковые и осоково-гипновые залежи характеризуются выраженным максимумом содержания марганца в средних и глубоких слоях залежи. Такое распределение отмечено в 6 из 9 пунктов отбора (рис. 3). Наиболее высокие содержания марганца (940–950 мг/кг) выявлены в обогащенных слоях торфа в южной половине изученного участка. В северной половине торфяника также обнаружены обогащенные марганцем слои, но содержание марганца в них не превышает 600 мг/кг. По результатам данного и ранее проведенных исследований [8] обнаружена хорошо выраженная синхронность в обогащении торфяных слоев марганцем и кальцием. Причиной этого может быть повышенная величина pH в слоях, обогащенных кальцием [16]. Вследствие этого происходит осаждение марганца из поверхностно-сточных и почвенно-грунтовых вод, питающих торфяную залежь.

Минерализация низинных болот довольно широко распространена в долинах рек тайжной зоны Западной Сибири. На территории Томской области минерализованные болота речных долин преимущественно встречаются в южной части Обь-Иртышского междуречья. Это связано с литологическим составом почвообразующих пород и гидрологическим режимом активной зоны водообмена на этой территории [17, 18]. В геохимически сопряженных болотных ландшафтах долинных болота выступают как геохимические барьеры. В этом проявляется геохимическое своеобразие надпойменных террас [19]. Чем выше терраса, тем сложнее история ее ландшафта, тем больше прошло времени после пойменной стадии, тем контрастнее климатические изменения. В геохимических особенностях почв и аллювия запечатлена история этих ландшафтов, истории колебаний климата, бика (в терминологии А.И. Перельмана), грунтовых вод. Почвы и болота террас содержат геохимические реликты, преимущественно следы былых геохимических барьеров в виде гумусовых железистых, марганцевых, известковых и других аккумуляций. В Томской области минерализованные болота преимущественно расположены в речных долинах южной тайги, подтайги и лесостепи. К ним относятся Аркадьёво, Усть-Кандинское,

Карбышевское и многие небольшие болота со средней зольностью торфа выше 25 % [20].

Следует отметить, что повышенное содержание марганца, сопутствующее карбонатной минерализации, приурочено к средней части площади болотного массива Суховское. По нашим данным на участках с лесной залежью содержание марганца в среднем ниже 400 мг/кг и более стабильно по глубине (рис. 3).

Болотный массив Клюквенное расположен в правобережной части области на надпойменной террасе реки Томь при ее слиянии с Обью. Водно-минеральное питание болотного массива формировалось под влиянием литологического состава вмещающих пород, среди которых преобладали песчаные разности. Это благоприятствовало дренированию торфяной залежи и отложению торфов с пониженной зольностью. Среди торфяных залежей преобладают нормально зольные топяно-лесные, древесно-осоковые, осоковые с зольностью 10...15 %. Содержание марганца в пробах торфа изменяется в пределах 123...680 мг/кг, в среднем составляет 300...400 мг/кг сухого торфа. Следует отметить однородное распределение марганца по глубине залежи. Обычно содержание марганца монотонно повышается от поверхности к подошве залежи. Такой характер распределения распространен в низинных лесных, лесо-топяных, древесно-осоковых залежах террасного залегания. Стабильность химического состава по глубине подобных залежей обеспечивается особенностями древесных насаждений, которые периодически переносят органическую массу (фитомассу) из глубины залежи на ее поверхность в виде листового опада [21].

Распределение марганца по болотным массивам речных долин согласуется с представлениями о геохимических барьерах [11, 19]. Торфяная залежь при этом рассматривается как сложный геохимический барьер на путях миграции почвенно-грунтовых и поверхностно-сточных вод от верховых болот водоразделов (автономный геохимический ландшафт) по склонам и понижениям рельефа, через почвенно-грунтовые толщи и торфяные залежи надпойменных террас и речных пойм в местную гидрографическую сеть. По мерепрохождения через звенья каскадной ландшафтно-геохимической системы исходная атмосферная вода обогащается различными компонентами в зонах торфонакопления, оподзоливания, оглеения. Таким образом, состав водно-минерального питания террасных болот определяется составом вмещающих рыхлых пород болотных водосборов и протекающими в них ландшафтно-геохимическими процессами. В соответствии с водно-минеральными режимами формировались торфяные залежи определенного типа и вида со своим минеральным составом.

Таковы террасные болота левобережья и правобережья Оби, питание которых обеспечивали почвенно-грунтовые и поверхностно-сточные воды,

сформировавшиеся в подстилающих грунтах различного происхождения [22]. На правобережье в подстилающих грунтах преобладают отложения пайдугинской свиты и аллювиальные отложения террас, представленные песками, песками с гравием. На левобережье определяющее влияние на формирование и развитие болот оказали глинистые слабопроницаемые отложения смировской свиты с фрагментами сузгунской толщи на террасах. Влияние литологического и химического состава пород отразилось на строении и минеральном составе болот левобережья и правобережья Томской области. В частности, изученное в данной работе террасное болото Гусевское (левобережье) и Клюквенное (правобережье) близки по географическому положению, но получали разное водно-минеральное питание, что обусловило различия в строении торфяных залежей и их минеральном составе. Если в строении залежей болотного массива Гусевское большое участие принимают гипновые и осоково-гипновые торфа (таблица) с повышенной зольностью, то залежь болота Клюквенное сложена в основном торфами лесной группы нормально-зольного состава. Как видно из полученных данных, и в содержании марганца выдерживается такое же соотношение (рис. 3). Определяющее влияние на эти различия оказало четкое разделение правобережья левобережья Томской области по литохимическому составу подстилающих пород и минерализации природных вод, питающих торфяные болота [17, 22–24]. Так, болотный массив Клюквенное получает водно-минеральное питание от гидравлически связанного с ним верхового водораздельного болота Чистое путем поверхностного стока (р. Шишкобойка), поверхностно-сточных и почвенно-грунтовых вод. Последние формируются в торфяной залежи и песчаных грунтах, подстилающих древнюю ложбину стока, вмещающую залежь болотного массива Чистое.

Заключение

Распределение марганца изучено на 8 торфяных болотах Томской области верхового (5 объектов) и низинного (3 объекта) типа. Наиболее низкие содержания марганца (менее 100 мг/кг) абсолютно сухого торфа характерны для центральных участков доминирующих в Западной Сибири верховых, сфагновых болот водораздельного залегания. Содержание марганца в залежах таких болот несколько возрастает с глубиной. Более обогащена марганцем периферийная зона верховых болот водоразделов. Здесь содержание марганца выше 100 мг/кг и достигает 300...400 мг/кг. Содержание марганца в залежах периферии максимально в поверхностных слоях и снижается с глубиной.

Наиболее высокое содержание марганца обнаружено в торфяных залежах долинных болот. Здесь оно доходит до 900 мг/кг и выше. Обычно залежи долинных болот сложены низинными торфами с повышенной зольностью. В геохимически сопряженных болотных ландшафтах болота реч-

ных долин играют подчиненную роль и выступают в качестве геохимических барьеров, на которых нередко формируются карбонатные, железистые и марганцовистые аккумуляции. Среди изученных болот карбонатная аккумуляция встречается в

террасном болоте Суховское на средней глубине залежи, около 2,5 м. К этому горизонту приурочен слой торфа, обогащенный марганцем. Содержание марганца в этом слое достигает 950 мг/кг, что в 4 раза выше, чем в смежных слоях

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. – М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.
- Архипов В.С., Бернатонис В.К. Распределение кальция и железа в вертикальном профиле торфяных залежей таёжной зоны Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 173–178.
- Роль органического вещества торфяных болот в миграции элементов и минералообразовании / К.И. Лукашев, В.А. Ковалев, А.Л. Жуховицкая, В.А. Генералова // Исследования органического вещества современных и ископаемых осадков. – М.: Наука, 1976. – С. 142–147.
- Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
- Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О.Л. Лисс, Л.И. Абрамова, Н.А. Аветов и др. – Тула: Гриф и К°, 2001. – 584 с.
- Arkhipov V.S., Bernatonis V.K., Rezchikov V.J. Distribution of Iron Compounds in Peat Deposits of the central part of western Siberia // Eurasian Soil Sci. – 1995. – V. 27. – № 7. – P. 65–76.
- Arkhipov V.S., Bernatonis V.K., Rezchikov V.J., Distribution of Iron, Cobalt, and Chrome in Peatlands of the Central Part of Western Siberia // Eurasian Soil Sci. – 2000. – V. 33. – № 12. – P. 1265–1272.
- Архипов В.С., Бернатонис В.К. Распределение кальция в торфяных залежах Центральной части Западной Сибири // Почвоведение. – 2006. – № 3. – С. 293–302.
- Торфяные месторождения Томской области / под ред. Я.Н. Задунайского, И.Н. Казакова, В.Д. Маркова и др. – М.: Геолторфоразведка, 1971. – 306 с.
- Геохимия растений и торфов Большого Васюганского болота / В.К. Бернатонис, В.С. Архипов, М.А. Здвижков и др. // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / под ред. М.В. Кабанова. – Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2002. – С. 204–215.
- Pansu M., Gautheyrou J., Loyer J.Y. Soil analysis – Sampling, Instrumentation and Quality control. – Tokyo; Lisse; Abington; Exton; Balkema, 2001. – 489 p.
- Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.
- Mengel K., Kirkby E.A. Principles of Plant Nutrition. – Worblaufen; Bern: International Potash Institute, 1978. – 593 p.
- Природные ресурсы Томской области / А.Г. Дюкарев, Ю.А. Львов, В.А. Хмелёв и др. – Новосибирск: Наука, 1991. – 176 с.
- Елисеева В.М. О путях сельскохозяйственного освоения низинных болот таёжной зоны Томской области. – Томск: Изд-во ТГУ, 1963. – 98 с.
- Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.
- Савичев О.Г. Водные ресурсы Томской области. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 248 с.
- Ермашова Н.А. Природный гидрогеохимический фон верхней гидродинамической зоны среднего Приобья, как основа оценки её экологического состояния // Обской вестник. – 1999. – № 3–4. – С. 106–112.
- Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа, 1975. – 342 с.
- Отчет по теме 1/414 «Обобщение материалов и прогнозная оценка торфяных ресурсов в перспективных районах интенсивного хозяйственного освоения Западной Сибири». Т. 2. Кн. 3. Томский район. – М.: Мингео РСФСР ПГО «Торфгеология», 1983. – 64 с.
- Бахнов В.К. Биогеохимические аспекты болотообразовательного процесса. – Новосибирск: Наука, 1986. – 192 с.
- Евсеева Н.С., Синюткина А.С., Харанжевская Ю.А. Ландшафты болот Томской области. – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – 400 с.
- Емельянова Т.А. Инженерно-геологическая изученность и региональная типизация геологической среды Томской области // Обской вестник. – 1999. – № 1–2. – С. 59–63.
- Герасимова А.С. Инженерно-геологические особенности южной части Западно-Сибирской плиты. – М.: МГУ, 1975. – С. 246–262.

Поступила 12.04.2015 г.

UDS 631.811.944.631.445.12

DISTRIBUTION OF MANGANESE IN PEAT DEPOSIT OF TOMSK REGION

Victor S. Arkhipov,

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue,
Tomsk, 634050, Russia. E-mail: vsa@tpu.ru

Vilis K. Bernatonis,

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin avenue,
Tomsk, 634050, Russia. E-mail: bernatonisvk@tpu.ru

The aim of the research is to study manganese distribution in peat deposits of Tomsk region. The patterns in distribution of iron, calcium and some trace elements in peat deposits of Tomsk region were previously identified.

Relevance. The development of peat resources of Tomsk region will allow manufacturing peat products for agriculture, medicine and power engineering. The skillful use of peat requires the knowledge of not only the technological properties of peat, but also its mineral composition, especially the content of biologically active elements, which include manganese.

Methods of research. During the research, the fieldwork was conducted in peat bogs of the Tomsk region. The authors have selected stratified samples of peat on 8 swamps of taiga zone in Tomsk region and surveyed horse watershed mires and fens river valleys. Manganese content in peat was determined by manganese ions oxidation in nitric acid solution with ammonium persulfate in the presence of silver nitrate. The concentration of permanganate ions in solution was determined on photocolormeter KLF-2MP with 50 mm cuvette at wavelength of 530 nm.

Results. It was found out that manganese content in peat deposits of taiga zone in Tomsk region varies from 20...50 to 900...950 mg/kg of dry peat. The minimum content of manganese was detected in the centers of the upland watershed wetlands, and the maximum content was detected in lowland swamps of river valleys. On the periphery of large wetland systems the transient and low-lying deposits with manganese content of 200...300 mg/kg are widely spread. The peat layers with lime mineralization are the most manganese-rich.

Conclusions. The distribution of manganese in the bogs and systems of varying complexity obeys the laws of landscape-geochemical systems. The geochemically conjugated autonomous and subordinate units related to migration flows and wetland soil and ground-water rare among them.

Key words:

Peat deposit, manganese, distribution, accumulation, migration.

REFERENCES

- Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Sukhanova N.I. *Khimiya pochv* [Chemistry of soils]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2005. 558 p.
- Arkhipov V.S., Bernatonis V.K. Raspreделение kaltsiya i zheleza v vertikalnom profile torfyanykh zalezhey taezhnoy zony Zapadnoy Sibiri [Calcium and iron distribution in vertical profile of peat bogs in western Siberia taiga zone]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 323, no. 1, pp. 173–178.
- Lukashev K.I., Kovalev V.A., Zhukhovitskaya A.L., Generalova V.A. Rol organicheskogo veshchestva torfyanykh bolot v migratsii elementov i mineraloobrazovanii [Role of organic substance of peat bogs and elements migration in mineral formation]. *Issledovaniya organicheskogo veshchestva sovremennykh i iskopayemykh osadkov* [Investigation of organic substance of current and fossil sediments]. Moscow, Nauka Publ., 1976. pp. 142–147.
- Maslov B.S. *Gidrologiya torfyanykh bolot* [Hydrology of Peat Bogs]. Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 2009. 266 p.
- Liss O.L., Abramova L.I., Avetov N.A. *Bolotnye sistemy Zapadnoy Sibiri i ikh prirodookhrannoe znachenie* [Marsh system of Western Siberia and their ecological importance]. Tula, Grifi K Publ., 2001. 584 p.
- Arkhipov V.S., Bernatonis V.K., Rezhichov V.J. Distribution of Iron Compounds in Peat Deposits of the central part of western Siberia. *Eurasian Soil Sci.*, 1995, vol. 27, no. 7, pp. 65–76.
- Arkhipov V.S., Bernatonis V.K., Rezhichov V.J., Distribution of Iron, Cobalt, and Chrome in Peatlands of the Central Part of Western Siberia. *Eurasian Soil Sci.*, 2000, vol. 33, no. 12, pp. 1265–1272.
- Arkhipov V.S., Bernatonis V.K. Raspreделение kaltsiya v torfyanykh zalezhakh Tsentralnoy chasti Zapadnoy Sibiri [Calcium distribution in peat deposits of central part of Western Siberia]. *Pochvovedenie*, 2006, no. 3, pp. 293–302.
- Torfyanye mestorozhdeniya Tomskoy oblasti* [Peatland of Tomsk region]. Ed. by Ya.N. Zadunaysky, I.N. Kazakov, V.D. Markov. Moscow, Geol'torforazvedka Publ., 1971. 306 p.
- Bernatonis V.K., Arkhipov V.S., Zdvizhkov M.A. Geokhimiya rasteniy i torfov Bolshogo Vasyuganskogo bolota [Geochemistry of plants and peats in Great Vasyugan Bog]. *Bolshoe Vasyuganskoe boloto. Sovremennoe sostoyanie i protsessy razvitiya* [Great Vasyugan bog. Current state and development]. Ed. by M.V. Kabanov. Tomsk, IOA SO RAN Publ., 2002. pp. 204–215.
- Pansu M., Gauthierou J., Loyer J.Y. *Soil analysis – Sampling, Instrumentation and Quality control*. Tokyo; Lisse; Abington; Exton: Balkema, 2001. 489 p.
- Glazovskaya M.A. *Geokhimiya prirodnnykh i tekhnogennykh landshaftov SSSR* [Geochemistry of natural and industrial landscape of the USSR]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1988. 328 p.
- Mengel K., Kirkby E.A. *Principles of Plant Nutrition*. Worblaufen; Bern, International Potash Institute, 1978. 593 p.
- Dyukarev A.G., Lvov Yu.A., Khmelev V.A. *Prirodnye resursy Tomskoy oblasti* [Natural resource of Tomsk region]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1991. 176 p.
- Eliseeva V.M. *O putyakh selskohozyaystvennogo osvoeniya nizinykh bolot taezhnoy zony Tomskoy oblasti* [On the ways of agricultural assimilation of low-moor peat bogs in taiga zone of Tomsk region]. Tomsk, TGU Press, 1963. 98 p.
- Efimov V.N. *Torfyanye pochvy i ikh plodorodie* [Peat soils and their fertility]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1986. 264 p.
- Savichev O.G. *Vodnye resursy Tomskoy oblasti* [Hydro resources of Tomsk region]. Tomsk, TPU Publ. house, 2010. 248 p.
- Ermashova N.A. Prirodny gidrogeokhimicheskiy fon verkhney gidrodinamicheskoy zony srednego Priobya, kak osnova otsenki

- ее ekologicheskogo sostoyaniya [Natural hydrogeochemical background of the upper hydrodynamic zone in Middle Ob as the base for assessing its ecological state]. *Obskoy vestnik*, 1999, no. 3–4, pp. 106–112.
19. Perelman A.I. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of landscape]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1975. 342 p.
20. *Otchetpoteme 1/414 «Obobshchenie materialov i prognoznaya otsenka torfyanykh resursov v perspektivnykh rayonakh intensivnogo khozyaystvennogo osvoeniya Zapadnoy Sibiri». T. 2. Kn. 3. Tomsky rayon* [Generalization of materials and prognosis note of peat resources in long-range regions of intensive economic assimilation of Western Siberia. V. 2. B. 3. Tomsk region]. Moscow, Mingeo RSFSR PGO «Torfgeologiya» Publ., 1983. 64 p.
21. Bakhnov V.K. *Biogeokhimicheskie aspekty bolotoobrazovatel'nogo protsesssa* [Biogeochemical aspects of bog formation]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1986. 192 p.
22. Evseeva N.S., Sinyutkina A.S., Kharanzhevskaya Yu.A. *Landshafty bolot Tomskoy oblasti* [Landscapes of Tomsk region bogs]. Tomsk, NTL Publ., 2012. 400 p.
23. Emelyanova T.A. *Inzhenerno-geologicheskaya izuchennost i regionalnaya tipizatsiya geologicheskoy sredy Tomskoy oblasti* [Engineering and geological survey and regional typing of geological environment of Tomsk region]. *Obskoy vestnik*, 1999, no. 1–2, pp. 59–63.
24. Gerasimova A.S. *Inzhenerno-geologicheskie osobennosti yuzhnoy chasti Zapadno-Sibirskoy plity* [Engineering geological peculiarity of south part of western Siberian Plate]. Moscow, MGU Press, 1975. pp. 246–262.

Received: 12 April 2015.