

На правах рукописи

Езупенок Елена Эдуардовна

**СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В ТОРФАХ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ
СИБИРИ**

03.00.27 – почвоведение

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Томск 2005

Работа выполнена в Томском государственном педагогическом университете на кафедре ботаники

Научный руководитель – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, чл. корр. РАСХН Лидия Ивановна Инишева

Официальные оппоненты:

Доктор биологических наук,
Валентина Петровна Середина

Доктор биологических наук,
Александр Иванович Сысо

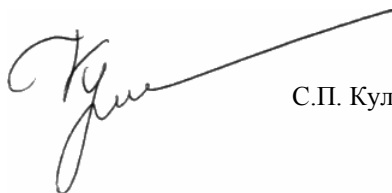
Ведущая организация
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пущино Московской области)

Защита состоится «27» октября 2005 г. в _____ час. на заседании диссертационного совета Д-212.267.09 в Томском государственном университете по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного университета

Автореферат разослан «26» сентября 2005 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
Доктор биологических наук



С.П. Кулижский

ВВЕДЕНИЕ

За годы исследований накоплен большой фактический материал по содержанию химических элементов в торфах и торфяных почвах (Пичугин А.В., 1953; Никонов М.Н., 1955; Лебедев К.К., 1959; Пьявченко Н.И., 1959; Манская С.М., Дроздова Т.В. 1960; Бериня Д.Ж., 1961, 1963; Ефимов В.Н., 1986; Приемская С.В., 1969, 1970; Свентиховская А.Н., Тюремнов С.Н., 1967; Трошичева Т.В., 1968; Глазовская М.А., 1974, 1981; Методические рекомендации ..., 1966; Дубиковский Г.П., Бегинскас Б.П. и др., 1981; Анспок П.И., Лиепинш Ю.Я., 1987; Вашкевич Л.Ф., 1990; Крештапова В.Н., 1970, 1974, 1991, 1994, 2003; Сапрыкин Ф.Я., 1984; Ковалев В.А., 1985; Бахнов В.К., 1986; Добродеев О.П., 1990; Нечаева Е.Г., 1992; Иванов В.В., 1994; Ильин В.Б., Сысо А.И., 2001; Крештапова В.Н., Булгаков Д.С., 2001; Богатырев Л.Г., Ладонин Д.В., Семенюк О.В., 2003; Ruhling A., Tyler G., 1971; Pakarinen P., Tolonen K., 1977; Glooschenko W.A. at al., 1978; Bowen H.J.M., 1979; Furr A.K. at al., 1979; Livett E.A. at al., 1979; Nauke W., 1980; Percy K.E., 1983; Percy K.E., Borland S.A., 1985; Shotyk W., 1988, 1996; Shotyk W. et. al., 1996 и др.).

Наиболее обстоятельный анализ торфов на содержание в них химических элементов проведен на Европейской территории. Значительно слабее изучен элементный состав западносибирских торфов. Результаты исследований изложены в работах Ф.З. Глебова, Т.Н. Крафта (1969); Н.М. Рассказова с соавт. (1969, 2001); В.С. Архипова с соавт. (1988, 1989, 1990, 1994, 1995, 1997, 2000); С.И. Смольянинова с соавт. (1990); В.М. Алтухова (1991); Л.И. Инишевой с соавт. (1991, 1994, 1996, 1997, 1999, 2005); Экогеохимия Западной Сибири (1996); А.И. Сысо (1996, 2001); В.К. Бернатониса с соавт. (1996, 1997, 1998, 2002); Т.Н. Цыбуковой с соавт. (2000); В.Г. Матухиной (2001); Езупенок Е.Э. (2001, 2003); Т.Н. Ефремовой с соавт. (2003); Ezupenok E.A. (2004) и др. Имеющиеся данные об элементном составе торфов Западной Сибири содержат сведения о валовых и подвижных элементах, их дифференциации и миграции по площади и глубине торфяной залежи, частично изучены зависимости элементного состава минеральной части торфов с ботаническим составом, степенью разложения, зольностью, составом органического вещества. Получены результаты по содержанию железа и элементов группы железа (Co, Cr) в торфяных залежах в связи с распространением Колпашевского железорудного бассейна. Дана подробная характеристика элементного состава высокозольных пойменных торфов Западной Сибири. Вместе с тем, изучение элементного состава торфов охватывает только часть территории Западной Сибири, что затрудняет понимание закономерностей формирования элементного химического состава торфов региона в целом. Не уделялось внимания распределению элементов в профиле торфяных почв. И совершенно не изучена динамика подвижных элементов в нативных торфяных почвах.

Учитывая, что торфяные почвы в ходе длительного саморазвития активно распространяются в таежных ландшафтах Западной Сибири (заболоченность территории в отдельных районах достигает 80 %), оказывая влияние на геохимию зоны гипергенеза, то изучение содержания химических элементов и их подвижных соединений в торфах и торфяных почвах, несомненно, является актуальной проблемой.

Цель работы – выявить закономерности содержания, распределения и динамики химических элементов в торфах и торфяных почвах южно-таежной подзоны Западной Сибири.

Задачи исследований:

1. Изучить содержание химических элементов и физико-химические свойства в нормальнозольных репрезентативных торфах и торфяных почвах.
2. Выявить связи между свойствами торфов и содержанием в них химических элементов.
3. Провести геохимическую оценку торфов.
4. Исследовать динамику подвижных химических элементов в профиле торфяных почв.

Научная новизна и практическая значимость работы. Определены региональное фоновое валовое содержание химических элементов, закономерности их распределения и накопления в торфах и торфяных почвах Западной Сибири. Установлены связи между свойствами торфов и содержанием в них химических элементов. Впервые рассмотрено влияние условий торфогенеза на динамику подвижных химических элементов в торфяных почвах.

Практическая значимость работы состоит в диагностике содержания элементов, хозяйственной оценке и рациональном использовании торфяных почв.

Защищаемые положения:

1. Особенности элементного состава торфов южно-таежной подзоны Западной Сибири определены условиями торфообразования и типом водно-минерального питания.
2. Содержание и распределение химических элементов в торфах и торфяных почвах зависят от ботанического состава, зольности.
3. На распределение и динамику подвижных элементов в профиле торфяных почв оказывают влияние гидрологические, геохимические условия территории и положение в ландшафте.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 2002), Международной научно-практической конференции «Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования озерно-болотных отложений» (Томск, 2003), Российских школах «Болота и биосфера» (Томск, 2002, 2003, 2004, 2005), на VI Съезде Докучаевского общества почвоведов (Новосибирск, 2004), 12th Congress IPS (Финляндия, Тампере, 2004), VI Гидрологическом Съезде (Санкт-Петербург, 2004).

Структура работы. Диссертация представляет собой рукопись объемом 145 страниц, состоящую из введения, 5 глав, выводов, включает 17 таблиц и 25 рисунков, 5 приложений. В списке литературы 214 отечественных и зарубежных источников.

Работа частично выполнялась в рамках методических НИР СО РАСХН и поддержана грантами РФФИ (01-05-64189а, 04-05-65197а). Автором были проведены полевые работы, аналитические исследования и интерпретация полученных результатов. По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ.

Автор выражает глубокую благодарность своему учителю и научному руководителю д. с-х. н., чл. корр РАСХН Л.И. Инишевой, привившей вкус к научной работе, интерес к геохимии торфов. Особую признательность автор выражает д.с-х.н. Б.Н. Золотаревой и д.б.н. Д.Л. Пинскому за помощь в освоении ряда методов исследований (НИИ ИФХиБПП РАН, г. Пущино Московской области), д.с-х.н. Л.Р. Мукиной за помощь в проведении исследований, к.х.н. Т.Н. Цыбуковой за ценные советы и консультации. Автор благодарен коллегам по работе за помощь в проведении экспедиционных исследований, сборе полевого материала и постоянную поддержку: Ю.В. Санниковой, М.А. Сергеевой, Е.В. Порохиной, О.Г. Савичевой, М.В. Гостищевой.

ГЛАВА 1. СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФАХ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

В данной главе на основании литературных данных представлено состояние изученности проблемы. Большинство работ посвящено изучению элементного состава минеральных почв. В меньшей степени изучен элементный состав торфов и торфяных почв Западной Сибири. Большое значение для геохимической оценки территории представляет исследование в торфяных почвах подвижных химических элементов.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БОЛОТ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Своеобразные природные условия, сложившиеся на территории южно-таежной подзоны: континентальность климата, избыточное увлажнение, уровень поверхностных и грунтовых вод, выровненный рельеф местности, повсеместное распространение карбонатных лессовидных подстилающих пород, обогащенных Са, Fe, а также микроэлементами Ва, Sr, Br, Mn, Cu, Zn, Mo, Yb, Sc, предопределили особенности элементного химического состава торфов исследуемой территории.

ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований послужили нормальнозольные торфа верхового и низинного типов, отобранные на 12 представительных торфяных месторождениях Западной Сибири, расположенных в двух торфоболотных округах: Бакчарском и Кеть-Чулымском, относящихся к террасовому и водораздельному типам залегания («Озерное», «Карасевое», «Болван», «Васюганское» (уч. 5, 20, 22, ландшафтный профиль) - олиготрофный тип залежи; «Карабушкинское», «Клюквенное», «Суховское», «Гусевское» - эвтрофный тип залежи; «Большое» - мезотрофный тип залежи (рисунок 1). Каждый вид торфа представлен выборкой из 12-20 образцов. Всего проанализировано 140 образцов. С целью исключения влияния антропогенеза на содержание элементов все образцы взяты глубже 50 см.

Во всех образцах торфов были проведены следующие анализы: ботанический состав и степень разложения, зольность, обменная кислотность (ГОСТы), фракционно-групповой состав по В.В. Пономаревой и Т.А. Николаевой (1961). Определение элементов Са, Sc, Cr, Fe, Co, Br, Sr, Cs, Ba, Hf, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Th, U проводилось инструментальным нейтронно-активационным анализом в НИИ ядерной физики при ТПУ. В торфах изучено содержание 18 химических элементов. В процессе обсуждения результатов исключены элементы, содержание которых не обнаружено в исследуемых пробах, либо оказалось за пределами чувствительности метода (Tb, Na, As, Sn, Sb, Ni, Ge, Ag, Au).

Динамика химических элементов изучалась в торфяных почвах в течение 2002-2003 гг. на ландшафтном профиле научно-исследовательского полигона «Васюганье». Ландшафтный профиль расположен на северо-восточных отрогах Васюганского болота (Бакчарский болотный округ) и представляет собой территорию малого заболоченного водосбора р. Ключ, притока р. Бакчар (площадь водосбора 59 км²). Исследуемые торфяные почвы на ландшафтном профиле по направлению к центру болота образуют следующие позиции: аккумулятивную, транзитную и автономную. Торфяные почвы аккумулятивной позиции глубиной 1 м имеют смешанное лесотопяное строение. Согласно «Классификации почв России», (2000) исследованные почвы относятся к торфяно-глеевым олиготрофным; профиль торфяных почв транзитной позиции достигают мощности 3 м и имеет смешанный топяной вид строения (торфяные олиготрофные типичные). Торфяные почвы автономной позиции имеют глубину 2,5 м (торфяные олиготрофные типичные), (рисунок 2).

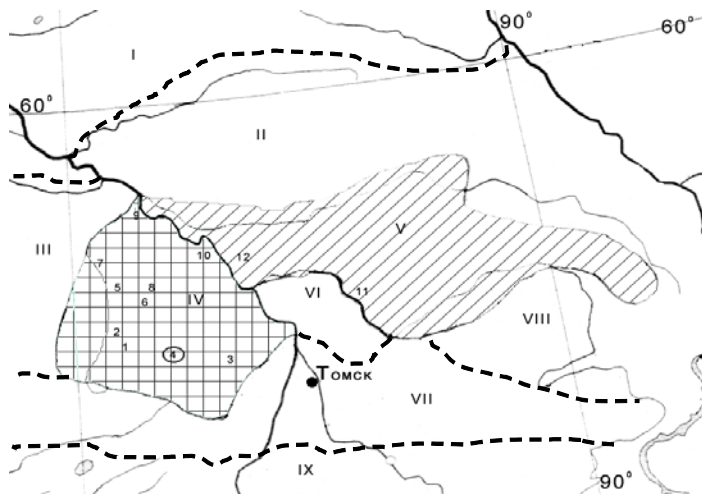
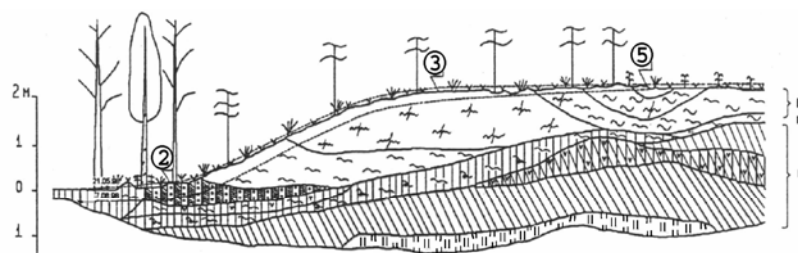


Рисунок 1 - Схема расположения пунктов отбора проб.
Условные обозначения: IV – Бакчарский; V – Кеть-Чулымский болотные округа (по Лисс О.Л. и др., 2001)



Условные обозначения:



1 – пункт отбора образцов; 2-11 – виды торфа: 2 – низинный осоковый; 3 – низинный древесно-осоковый; 4 – низинный хвощовой; 5 – переходный древесно-сфагновый; 6 – переходный древесно-травяной; 7 – фускум-торф; 8 – магелланикум-торф; 9 – верховой комплексный; 10 – сфагново-мочажинный; 11 – верховой сосново-пушицевый. Исследуемые торфяные почвы: ② – торфяно-глеевые олиготрофные (аккумулятивная позиция); ③ – торфяные олиготрофные типичные (транзитная позиция); ⑤ – торфяные олиготрофные типичные (автономная позиция). Типы торфов: - В – верховой; П – переходный; Н – низинный.

Рисунок 2 - Пункты отбора образцов в торфяных почвах ландшафтного профиля.

Для определения подвижных элементов пробы торфа отбирались в торфяных почвах каждой позиции ландшафтного профиля в мае, июле и сентябре торфяным буром ТБГ – 1. Во всех образцах торфяных почв были проведены выше перечисленные анализы, а также: макрокомпонентный состав (Fe, Al, Ca, Mg, K, Na) после мокрого озоления смесью HNO_3 и HClO_4 (Корякин А.В., Грибовская И.Ф., 1979) с последующим атомно-абсорбционным анализом; кремний определен весовым методом после разложения золы торфяных почв сплавлением с Na_2CO_3 (Аринюшкина Е.В., 1970) в ИФХиБПП РАН (г. Пущино, Московской обл.). Определение подвижных элементов Ti, V, Cr, Mn, Co, Cu, Sr, Ba, Pb проводили путем экстрагирования химических элементов ацетатно-аммонийным буферным раствором (рН 4,8) с их последующим определением в полученном плотном остатке на кварцевом спектрографе СТЭ-1 по аттестованной методике количественного атомно-эмиссионного анализа, разработанной, в том числе и для торфов, в лаборатории Томского государственного университета (Методика количественного химического анализа ..., 1993).

На протяжении вегетационных периодов в торфяных почвах ландшафтного профиля велись наблюдения за уровнем болотных вод (ежемесячно), окислительно-восстановительным потенциалом и температурой (ежемесячно через 50 см до минерального грунта с помощью стационарно заложенных датчиков).

Для оценки концентрации химических элементов в торфах использовали кларки по А.П. Виноградову (1957, 1962), Bowen Н.Д.М (1966); А.А. Беусу (1981), А. Кабата-Пендиас и Х. Пендиас (1989), рассчитанные для почв и литосферы. За фоновое значение принималось среднее значение в ранжированном ряду, т.е. **медиана**. Характеристики содержания элементов в торфах проводили в порядке возрастания атомного ядра элементов. Представление результатов подобным образом является не противоречивой и по многим параметрам согласованной гармоничной системой нормативных значений химических элементов в природных объектах. Математическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью пакета программ STATISTICA 6.0, EXEL. Графические построения выполнены с помощью пакетов прикладных программ: «Origin 6.0», «SigmaPlot-2001».

ГЛАВА 4. СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФАХ

Своеобразие геохимических условий и торфообразования обусловили особенности элементного состава торфов, слагающих профиль торфяных почв исследуемой территории. Так, исследуемые торфа характеризуются

повышенным содержанием Ca, Fe и другими элементами, такими как Sc, Co, Ba, Sr, Br, Yb, по сравнению со своими аналогами на Европейской территории России (Крештапова В.Н., 1974), Дальнем Востоке (Дюкарев В.Н. и др., 1985), а также генеральными средними, рассчитанными для торфов России (Иванов В.В., 1994).

Согласно И.И. Лиштван и Н.Т. Король (1975) в нормальнозольных торфах количество минеральных компонентов увеличивается соответственно росту общей зольности. В связи с этим содержание элементов растет от верхового к низинному торфу. Анализ средних содержаний элементов показывает, что в низинных торфах элементы содержатся в большем количестве по сравнению с верховыми (Fe в 10 раз, Ca в 6, Co в 5, Br и Sr в 4 раза, Cr, Sm, Yb – в 3, Sc, Ba, La, Th – в 2, Lu, U – 10 и 16 раз соответственно) (таблица 1). Данное положение объясняется гидрологическими и биогеохимическими особенностями функционирования болотных ландшафтов верхового и низинного типов. Верховые болота являются примером геохимически автономной экосистемы. Напротив, низинные болота – геохимически подчиненный ландшафт, элементный состав которых формируется под воздействием биогеохимических и гидрологических процессов, происходящих на окружающих территориях (Глазовская М.А., 1988). Выносимые элементы поглощаются растениями низинных болот и аккумулируются в их отмирающих органах. По этой причине в растениях-торфообразователях и торфах низинных болот концентрация химических элементов более высокая, чем в верховых болотах.

Повсеместное распространение на территории южно-таежной подзоны Западной Сибири лессовидных пород, обогащенных Ca, Fe, а также микроэлементами Ba, Sr, Br, Mn, Cu, Zn, Mo, Yb, Sc предопределило особенности элементного химического состава торфов исследуемой территории. В частности, повышенное содержание железа в торфах, как верхового, так и низинного типов, по-видимому, определяется влиянием мощных залежей сидеритов Колпашевского железорудного бассейна, что ранее отмечалось другими авторами (Архипов В.С., Резчиков В.И., и др., 1988). Источником Ca в торфах являются повсеместно распространенные на территории исследования глинистые отложения повышенной карбонатности (содержание Ca в них зачастую составляет 7-8 %, иногда достигает 13-20 %) (Научные предпосылки ..., 1977). В почвообразующих породах богатых Ca отмечается высокое содержание Sr – доказательство одинаковой в изучаемых ландшафтах геохимической судьбы двух элементов, на что указывают многие ученые (Ильин В.Б., Сысо А.И., 2001, 2002, 2003), что также обуславливает повышенное содержание этого элемента в исследуемых торфах. Накопление Br – региональная черта почвообразующих пород Западной Сибири в целом (Ильин В.Б., Сысо А.И., 2001), также явилась предпосылкой повышенного содержания этого элемента в торфах южно-таежной подзоны, что отмечалось также ранее проведенными исследованиями (Инишева Л.И. и др., 1992).

Исследуемые торфа характеризуются повышенным содержанием Ba. Заметим, что полученные нами данные несколько отличаются от результатов исследований относительно содержания этого элемента в торфах Западной Сибири. Так, например, В.С. Архиповым с соавт. (1988), Л.И. Инишевой с соавт. (1992) указывается на пониженное содержание Ba (6,3-6,9 мг/кг) в торфяных месторождениях Обь-Иртышского междуречья. Вместе с тем, согласно исследованиям Н.М. Рассказова с соавт. (1969), содержание Ba в торфах Западной Сибири может достигать 1 %. С одной стороны такие противоречия могут объясняться химической природой самого элемента, обладающего в кислой глеевой обстановке высокой миграционной способностью, ведущей к общей обедненности пород обрамления этим элементом, а с другой стороны - не исключена возможность его вторичной аккумуляции в процессе гипергенеза, приводящая к образованию локальных зон повышенной концентрации этого элемента. Увеличение содержания Ba в почвообразующих породах отмечается также в работах В.Б. Ильина (2000), А.И. Сысо и др. (2004) - как следствие аккумуляции на карбонатных геохимических барьерах.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в торфах верхового и низинного типов, мг/кг с.в.

Элементы	Верховые торфа				Низинные торфа			
	M ±md	Me	V, %	Встреча-емость, %	M ±md	Me	V, %	Встреча-емость, %
Ca	2618±300	2000	85	98	15300±1200	15000	65	100
Sc	0,57±0,03	0,58	40	83	0,99±0,09	0,78	75	100
Cr	1,55±0,18	1,20	83	77	4,40±0,52	3,60	92	95
Fe	2300±400	1800	138	97	22400±600	21000	25	100
Co	1,02±0,17	0,76	134	100	4,60±0,21	4,10	40	100
Br	9,00±0,83	7,00	77	100	34,00±1,30	34,0	34	100
Sr	60,00±6,00	48	78	82	245,00±14,0	250	49	91
Cs	0,16±0,02	0,15	83	68	0,17±0,05	0	181	19
Ba	75,00±5,00	70	54	89	121,00±11,0	120	75	89
Hf	0,13±0,007	0,15	44	97	0,17±0,02	0,15	102	69
La	0,64±0,05	0,50	58	98	1,52±0,11	1,30	61	97
Ce	2,79±0,18	2,70	52	100	3,30±0,32	3,10	85	79
Sm	0,15±0,02	0,10	108	100	0,42±0,03	0,32	70	100
Eu	0,07±0,005	0,08	53	89	0,10±0,01	0,09	94	91
Yb	0,03	0	109	45	0,06±0,02	0	217	24
Lu	0,001±0,00	0,007	80	72	0,01±0,002	0	173	7
Th	0,30±0,17	0,26	48	98	0,49±0,04	0,41	65	96
U	0,07±0,01	0,09	108	59	1,10±0,20	0,72	140	54

Примечание - *M* – среднее арифметическое значение; *md* – ошибка среднего значения; *V, %* - коэффициент вариации; *Me* – медиана; **встречаемость, %** - встречаемость элемента от общего количества исследуемых проб.

Обращает на себя внимание высокая вариабельность содержания практически всех элементов в верховых и низинных торфах. Наименьшие коэффициенты вариации не ниже 40 %. Степень варьирования элементов различается по типам торфа. Так, в верховых торфах наибольшие коэффициенты вариации (> 100 %) характерны для Fe, Co, Sm, Yb, U, а самые низкие – для Sc, Hf, Th, Ce, Eu, La (40-58 %); в низинных торфах самые высокие коэффициенты вариации для Cs, Hf, Yb, Lu и U, а самые низкие – Fe и Sr (25-45 %).

Основной причиной этого, как мы полагаем, является разнообразие растений-торфообразователей, которые не только по-разному поглощают химические элементы из почвообразующей породы, но и с разной степенью концентрируют их в своих тканях. Если рассматривать торфяную почву как субаквальную инситную систему со знаком минус (поскольку инситные инфильтрационные процессы в силу аккумулятивного накопления развиваются вверх в отличие от минеральных почв (Инишева, 2005)), то ее свойства определяются, прежде всего, ботаническим составом, а перемещение элементов питания в нарастающей торфяной залежи в процессе развития болота осуществляется преимущественно биогенным путем (Бахнов, 2004). Так, например исследуемые виды торфов верхового типа характеризуются близкими величинами содержания Ca, Sc, Cr, Hf, La, Eu, Th. В то время как содержание элементов Fe, Co, Br, Sr, Ba, Ce, Sm различается в зависимости от вида торфа (таблица 2).

Отметим, что некоторые химические элементы накапливаются избирательно, что характерно для Cs, Yb, Lu, U. Так, например, Cs обнаружен в фускум и пушицево-сфагновых торфах, тогда как комплексный и сфагново-мочажинный торфа характеризуются его отсутствием. Элементы Lu и U не накапливаются в сфагново-мочажинном виде, а Yb встречается только в фускум торфе. Пушицево-сфагновый торф отличается наибольшим накоплением в Sc, Ba, Br, Ce, Lu, Th, Eu, U, в то время как сфагново-мочажинный торф содержит больше, чем другие виды торфа Ca, Sr, Ba, Sm и La, но меньше – Fe, Cr, Co, Ce. Самым низким накоплением элементов характеризуется фускум торф, за исключением Yb и U, содержание которых в данном торфе самое высокое.

Таким образом, верховые торфа по способности накапливать химические элементы можно построить в следующий ряд: **пушицево-сфагновый > сфагново-мочажинный > комплексный > фускум.**

Таблица 2 - Содержание химических элементов в верховых торфах разного ботанического состава, мг/кг с.в.

Элемент	Пушицево-сфагновый		Сфагново-мочажинный		Комплексный		Фускум	
	$\frac{\text{min-max}}{M \pm md}$	V, %	$\frac{\text{min-max}}{M \pm md}$	V, %	$\frac{\text{min-max}}{M \pm md}$	V, %	$\frac{\text{min-max}}{M \pm md}$	V, %
Ca*	$\frac{0,20-0,33}{0,24 \pm 0,02}$	44	$\frac{0,10-0,64}{0,34 \pm 0,05}$	56	$\frac{0,11-0,62}{0,23 \pm 0,03}$	56	$\frac{0,00-1,40}{0,24 \pm 0,07}$	143
Sc	$\frac{0,52-1,30}{0,76 \pm 0,05}$	25	$\frac{0,26-0,64}{0,39 \pm 0,04}$	36	$\frac{0,19-0,87}{0,54 \pm 0,05}$	40	$\frac{0,30-1,10}{0,60 \pm 0,05}$	37
Cr	$\frac{0,20-6,30}{1,83 \pm 0,44}$	83	$\frac{0,00-6,60}{1,03 \pm 0,46}$	174	$\frac{0,00-4,50}{1,57 \pm 0,39}$	103	$\frac{0,00-4,00}{1,75 \pm 0,24}$	64
Fe*	$\frac{0,09-0,60}{0,24 \pm 0,04}$	57	$\frac{0,03-0,35}{0,15 \pm 0,03}$	69	$\frac{0,00-2,60}{0,36 \pm 0,15}$	166	$\frac{0,10-0,28}{0,19 \pm 0,008}$	20
Co	$\frac{0,50-3,50}{1,11 \pm 0,24}$	77	$\frac{0,25-1,40}{0,76 \pm 0,09}$	47	$\frac{0,27-11,00}{1,53 \pm 0,61}$	40	$\frac{0,42-1,20}{0,73 \pm 0,04}$	27
Br	$\frac{5,30-15,50}{9,00 \pm 0,86}$	32	$\frac{7,20-18,40}{13,30 \pm 0,81}$	23	$\frac{3,00-45,7}{9,64 \pm 2,62}$	112	$\frac{2,30-7,70}{4,42 \pm 0,35}$	36
Sr	$\frac{12,00-123,00}{48,00 \pm 7,80}$	56	$\frac{0,00-200,00}{97,00 \pm 15,00}$	77	$\frac{0-188}{60,00 \pm 12,30}$	84	$\frac{0,00-115,00}{46,10 \pm 9,70}$	70
Cs	$\frac{0,15-0,53}{0,24 \pm 0,04}$	0,09	-	-	-	-	$\frac{0,00-0,35}{0,12 \pm 0,03}$	103
Ba	$\frac{56,00-161,00}{96,00 \pm 8,00}$	29	$\frac{0,00-170,00}{94,20 \pm 13,80}$	57	$\frac{0,00-173,00}{54,00 \pm 9,30}$	71	$\frac{0,00-143,00}{66,30 \pm 5,39}$	37
Hf	$\frac{0,06-0,19}{0,11 \pm 0,01}$	32	$\frac{0,00-0,22}{0,17 \pm 0,02}$	42	$\frac{0,02-0,21}{0,12 \pm 0,01}$	47	$\frac{0,06-0,24}{0,12 \pm 0,01}$	37
La	$\frac{0,30-0,91}{0,53 \pm 0,07}$	44	$\frac{0,00-1,30}{0,94 \pm 0,08}$	32	$\frac{0,30-2,30}{0,65 \pm 0,12}$	74	$\frac{0,25-1,20}{0,47 \pm 0,05}$	47
Ce	$\frac{2,6-7,10}{4,03 \pm 0,45}$	38	$\frac{0,62-2,20}{1,23 \pm 0,10}$	30	$\frac{0,76-3,70}{2,37 \pm 0,21}$	37	$\frac{2,00-5,50}{3,55 \pm 0,23}$	47
Sm	$\frac{0,05-0,18}{0,11 \pm 0,01}$	44	$\frac{0,13-0,32}{0,19 \pm 0,01}$	24	$\frac{0,07-0,90}{0,23 \pm 0,07}$	127	$\frac{0,05-0,19}{0,08 \pm 0,009}$	47
Eu	$\frac{0,06-0,21}{0,11 \pm 0,01}$	35	$\frac{0,00-0,09}{0,06 \pm 0,009}$	56	$\frac{0,01-0,12}{0,07 \pm 0,009}$	53	$\frac{0,0-0,11}{0,06 \pm 0,007}$	47
Yb	-	-	-	-	-	-	$\frac{0,00-0,03}{0,03 \pm 0,007}$	109
Lu	$\frac{0,0-0,02}{0,008 \pm 0,002}$	85	-	-	$\frac{0-0,010}{0,004 \pm 0,001}$	124	$\frac{0,00-0,02}{0,007 \pm 0,0008}$	53
Th	$\frac{0,20-0,80}{0,39 \pm 0,06}$	56	$\frac{0,00-0,47}{0,24 \pm 0,03}$	50	$\frac{0,12-0,57}{0,32 \pm 0,03}$	44	$\frac{0,16-0,50}{0,27 \pm 0,02}$	29
U	$\frac{0,0-0,39}{0,09 \pm 0,03}$	13,4	-	-	$\frac{0,00-0,17}{0,05 \pm 0,02}$	124	$\frac{0,00-0,23}{0,09 \pm 0,02}$	87

Примечание - * - содержание элемента в %; «-» - элемент не обнаружен; *M* – среднее арифметическое значение; *md* – ошибка среднего; *V, %* - коэффициент вариации.

В низинных торфах распределение химических элементов имеет более равномерный характер (таблица 3). Следует отметить, что по содержанию химических элементов особо выделяются древесный и древесно-осоковый торфа. Так элементы Cs и Yb обнаружены только в древесном торфе, тогда как в остальных торфах эти элементы не обнаружены. Древесно-осоковый вид торфа характеризуется наибольшим накоплением Br, Sr, Ba, U, несколько меньшим - Ca, Sc, Cr, Fe, Co, La, Eu, Th. Осоковый торф, как и древесный, характеризуется высоким содержанием Fe по сравнению с древесно-осоковым и осоково-гипновым торфами. Осоково-гипновый торф, занимая промежуточное положение по содержанию элементов, характеризуется большим накоплением Co, Br, Sr и Hf.

Таким образом, низинные торфа по способности накапливать элементы можно построить в следующий ряд: **древесный > древесно-осоковый > осоково-гипновый > осоковый.**

Таблица 3 - Содержание химических элементов в низинных торфах разного ботанического состава, мг/кг с. в.

Элемент	Древесный		Древесно-осоковый		Осоковый		Осоково-гипновый	
	min-max M ± md	V, %	min-max M ± md	V, %	min-max M ± md	V, %	min-max M ± md	V, %
Ca*	0,48-7,30 2,04±0,32	71	1,30-2,40 1,78±0,07	22	0,45-1,20 0,84±0,04	20	0,39-5,0 1,62±0,26	64
Sc	0,47-5,50 1,64±0,26	70	0,47-1,40 0,74±0,05	29	0,50-1,00 0,68±0,03	20	0,47-1,70 0,84±0,07	35
Cr	0,00-13,30 6,60±0,85	57	1,20-29,30 5,19±1,64	142	0,00-7,80 3,56±0,48	60	0,71-10,70 4,54±0,65	58
Fe*	1,30-3,80 2,38±0,13	24	1,20-3,00 2,00±0,09	21	1,8-4,0 2,39±0,15	27	1,40-3,70 2,14±0,12	23
Co	3,30-9,60 5,82±0,37	28	2,10-6,10 3,82±0,22	26	1,80-5,80 3,40±0,21	27	2,70-9,70 5,74±0,6	42
Br	11,0-81,30 31,77±3,76	53	17,60-42,10 25,60±1,39	21	22,00-43,30 32,50±1,35	19	27,80-61,80 43,50±2,17	2,8
Sr	0,00-570,0 298±30,80	46	0,00-430,0 278,00±16,8	35	0,00-230,00 158,00±18,60	29	120,0-390,0 266,00±21,40	32
Cs	0,00-1,50 0,21±0,09	185	-	-	-	-	-	-
Ba	0-348,00 114±23,40	92	0,00-480,00 137,0±24,5	80	0,00-250,00 117,00±15,40	57	0,00-170,00 114,00±17,70	61
Hf	0,00-0,81 0,28±0,05	84	0,0-0,38 0,12±0,03	94	0,00-0,48 0,11±0,03	109	0,00-0,54 0,54±0,03	85
La	0,00-5,60 2,35±0,31	59	1,00-2,40 1,47±0,08	24	0,90-1,60 1,13±0,05	19	0,00-2,20 1,02±0,11	44
Ce	1,30-13,40 4,92±0,72	66	1,00-9,20 4,76±0,45	43	0,00-3,34 1,35±0,26	87	0,00-8,40 1,84±0,60	130
Sm	0,19-1,50 0,54±0,08	65	0,32-1,20 0,60±0,06	44	0,09-0,29 0,21±0,02	32	0,00-0,71 0,28±0,05	65
Eu	0,05-0,58 0,17±0,03	73	0,00-0,12 0,07±0,009	39	0,00-0,11 0,08±0,006	33	0,00-0,20 0,08±0,0001	67
Yb	0,00-0,56 0,11±0,04	149	-	-	-	-	-	-
Lu	0,00-0,06 0,01±0,004	130	-	-	-	-	-	-
Th	0,05-2,10 0,77±0,11	64	0,31-0,54 0,41±0,08	13	0,00-0,53 0,33±0,03	38	0,24-0,93 0,45±0,04	39
U	0,00-4,00 1,16±0,26	100	0,00-7,40 2,03±0,45	99	-	-	0,00-2,40 0,28±0,16	229-

Примечание – условные обозначения см. табл. 2.

В торфах наблюдаются специфические закономерности накопления и рассеяния элементов, которые обуславливаются происхождением основных растений-торфообразователей и особенностями водно-минерального питания торфяных почв. Содержание химических элементов, как в верховых, так и в низинных торфах ниже по сравнению с почвами мира, за исключением Br, концентрация которого в торфах выше (особенно в торфах низинного типа). Это объясняется тем, что торфа в отличие от минеральных почв состоят из полуразложившихся растительных остатков и поэтому содержат до 98 % органического вещества, которому и принадлежит основная роль в связывании химических элементов.

Нельзя не отметить тот факт, что верховые и низинные торфа отличаются различной степенью концентрации химических элементов по сравнению с кларками почв мира (рисунок 3). В верховых торфах кларки концентрации ниже по сравнению с низинными, что особенно прослеживается для элементов Fe, Sc, Sr, Ca, U. Такое положение является вполне закономерным и логичным, поскольку верховые торфа, во-первых, характеризуются в целом более низким содержанием химических элементов по сравнению с низинными торфами, а во-вторых – их существование определяется исключительно балансом поступления и выноса веществ, который может варьировать в зависимости от геохимической ситуации. Следует отметить, что низинные торфа по сравнению с кларками почв содержат вышекларковые концентрации не только Br, но и Ca, Fe, а также к кларковому значению близка концентрация Sr. Содержание элементов Hf, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Th, U в верховых и в низинных торфах на 2-3 порядка ниже по сравнению с почвами мира.

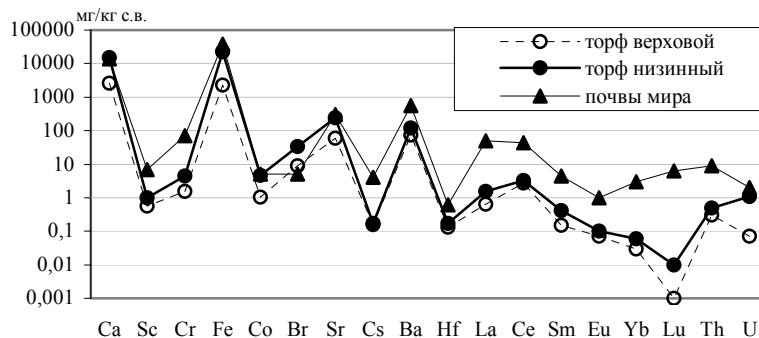


Рисунок 3 - Среднее содержание химических элементов в почвах и торфах.

На основании расчетов кларков концентрации (КК) относительно кларков литосферы строили геохимические спектры элементов, располагая КК последовательно, согласно порядковому номеру элемента в периодической системе, что позволяет рассматривать одновременно большое количество элементов с оценкой их концентрации или рассеяния в сравниваемых объектах (Авессаломова, 1987).

Элементы по интенсивности накопления делятся на 3 группы, объединяемые по уровням концентрации (рисунок 4). В первую группу относится только Вг (КК > 1), концентрация которого больше, чем в земной коре. Ко второй, третьей группам относятся элементы с низкой интенсивностью поглощения. Вторая группа представлена элементами, КК которых составляют десятые доли (0,0n) и не превышают 0,7. Это элементы Sr и Ba. Третью группу формируют элементы, концентрация которых в торфах относительно литосферы отличается больше, чем на 1 порядок и составляет сотые доли (0,0n). Эта группа представлена широким набором элементов и их КК не превышают 0,08. Таковы Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Cs, Hf, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Th, и U.

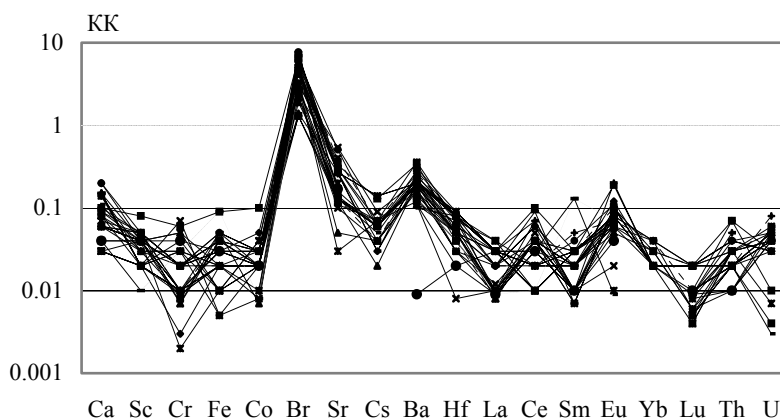


Рисунок 4. - Кларки концентрации в верховых торфах (разными линиями обозначены разные образцы).

В низинных торфах все элементы формируют также 3 группы (рисунок 5). В первую группу входит Вг, отличающийся наибольшей концентрацией и экстремальными значениями. Ко второй группе относятся элементы, концентрации которых относительно литосферы на один порядок ниже и их КК характеризуются значениями до 0,90. Если в верховых торфах эту группу представляют только 2 элемента (Ba и Sr), то в низинных к их числу относятся Ca, Fe, Co, U. Интересно отметить, что практически все элементы, относящиеся к рассматриваемой группе согласно А.И. Перельману (1989), принадлежат к типичным щелочным и щелочноземельным элементам, образующим катионы. Третью группу формируют элементы, концентрации которых на два порядка ниже по сравнению с литосферой, а их КК не превышают 0,09. Если в верховых торфах эта группа самая многочисленная, то в низинных, количество элементов в этой группе сокращается и представлено Sc, Cr, Cs, Hf, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Th.

Таким образом, сравнение закономерностей накопления и рассеяния элементов в торфах с почвами и литосферой показывает, что для торфов характерен свой специфический набор накапливаемых элементов. Такое своеобразие определяется принадлежностью торфов к биогенным образованиям, находящимся в геохимическом сопряжении с биокосными телами, такими как почвы, и косными образованиями, которыми являются почвообразующие породы.

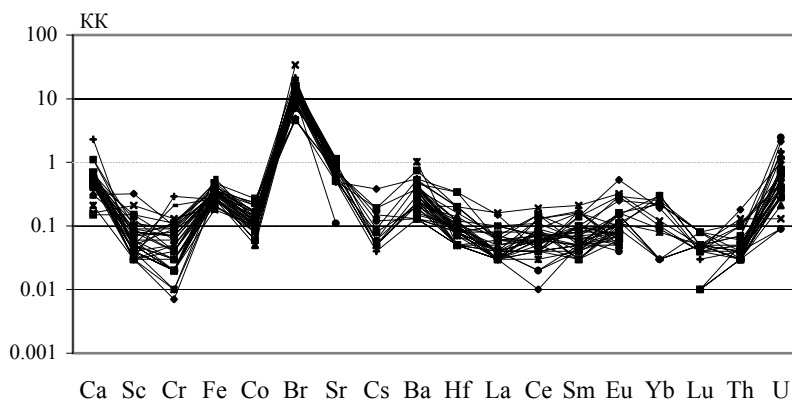


Рисунок 5 - Кларки концентрации в низинных торфах (разными линиями обозначены разные образцы).

Следовательно, торфа имеют совершенно четкую геохимическую структуру, которая отличает их от минеральных почв и литосферы. Большая часть элементов, обнаруженная в торфах, прошла через живые организмы (Глазовская М.А., 1974). Очевидно, это основная причина того, что такие элементы как Br концентрируются в торфах, тогда как щелочные и редкоземельные обнаруживают тенденцию к рассеянию в отличие от литосферы.

Исходя из вышесказанного, мы полагаем, что торфа должны иметь собственные средние содержания химических элементов. Поэтому при отсутствии понятия «фоновое содержание химических элементов в торфах», нами было решено принять за фоновое значение – **медианное значение** (см. таблицу 1). Фоновые значения были выбраны из ранжированных вариационных рядов при обработке данных результатов нейтронно-активационного анализа.

ГЛАВА 5. ДИНАМИКА ПОДВИЖНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ЛАНДШАФТНОГО ПРОФИЛЯ

Для понимания геохимических процессов, протекающих в болотных экосистемах, большое значение имеет информация о пространственном и временном распределении химических элементов в торфяных почвах. В процессе торфообразования в торфяных почвах складываются различные условия окислительно-восстановительного, кислотно-щелочного, температурного режимов, что, несомненно, накладывает свой отпечаток на особенности дифференциации и миграции химических элементов в профиле торфяных почв. Проведенные нами исследования позволяют развить ряд положений, ранее высказанных учеными, и дать оценку уровню миграционных процессов. Развитие болотного массива на исследуемой территории начиналось с эвтрофной стадии господства древесно-травяной растительности с последующим переходом в олиготрофную стадию. Эти стадии хорошо прослеживаются в профиле торфяных почв, соответствующих автономной, транзитной и аккумулятивной позициям (см. рисунок 2).

В целом содержание подвижных элементов в торфяных почвах ландшафтного профиля за период исследований изменялось в следующих пределах (мг/кг): Ti от 0,02 до 0,4, Sr – 0,4 до 1,0, Mn – от 7,6 до 132,9, Co – 0,02 до 0,81, Cu от 0,2 до 2,5, Sr от 1,7 до 55,9, Ba – от 1,1 до 27,0, Pb – от 0,06 до 0,7. Установлена тесная корреляционная связь между зольностью и содержанием химических элементов для всей толщи торфяного профиля почв (R изменяется от 0,76 до 0,91), что, по мнению В.С. Архипова с соавт. (2000), свидетельствует о постоянстве режима водного питания торфов на исследуемой территории. По степени подвижности (% от валового содержания) химические элементы образуют следующий ряд: **Mn (56 %) > Sr (48 %) > Ba (43 %) > Pb (32 %) = Cr (32 %) > Cu (27 %) = Co (27 %) > V (9 %) > Ti (8 %)**. Подвижность химических элементов увеличивается вниз по профилю торфяных почв.

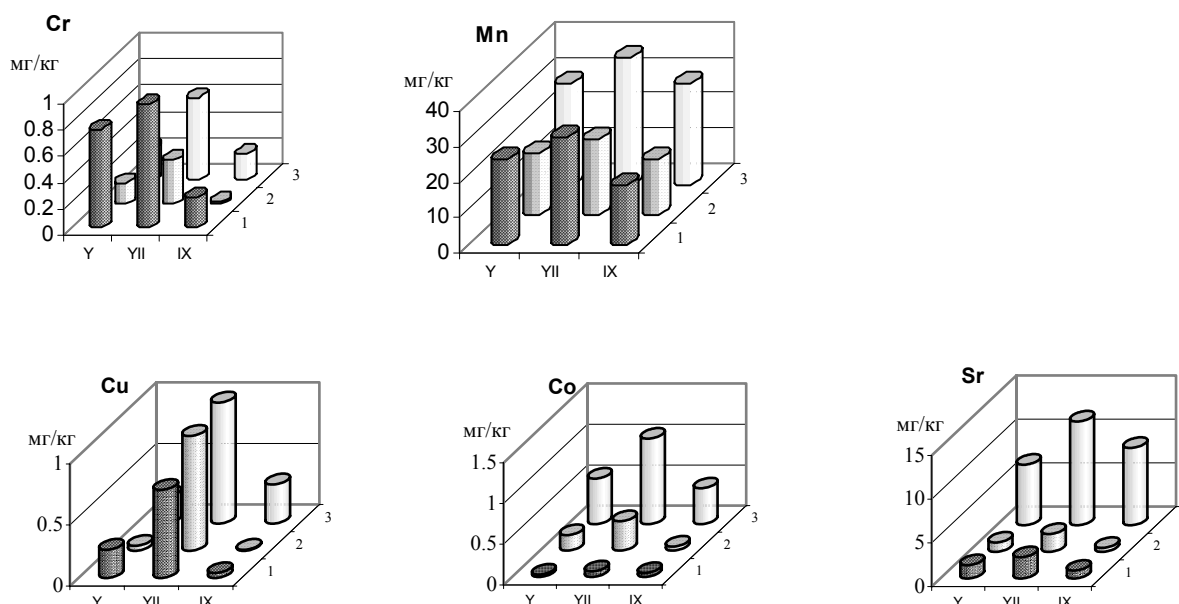
Представляет интерес рассмотреть содержание подвижных элементов по профилю торфяных почв в целом, а также с позиций пространственного их распределения. Так, в торфяных почвах автономной позиции ландшафтного профиля содержание подвижных Mn, Ba, Co, Sr увеличивается вниз по профилю, в то время как содержание Pb с глубиной уменьшается. Распределение Cu и Sr имеет неравномерный характер, выражающееся в резком уменьшении или увеличении элементов на контакте смены видов торфов. В торфяных почвах транзитной позиции распределение подвижных элементов по профилю повторяет закономерность, отмеченную в почвах автономной позиции. В распределении Cu и Sr отмечаются два пика, соответствующие слою 0-50 и 150-200. Возможно это связано как с изменением окислительно-восстановительных условий, так и с наличием геохимических барьеров, формирующихся на границах генетических горизонтов в торфяном профиле почв. Следует отметить, что в целом содержание подвижных элементов в торфяных почвах транзитной позиции ниже, чем в автономной позиции. Торфяные почвы аккумулятивной позиции ландшафтного профиля отличаются равномерным увеличением содержания подвижных элементов с глубиной, исключением является Pb, содержание которого с глубиной убывает.

Результаты наблюдений в разные годы показали, что содержание подвижных элементов изменяется в зависимости от гидротермических условий года. Так, вегетационный период 2002 года можно охарактеризовать как влажный (ГТК=1,56), а по сумме активных температур (1946 °C) – как умеренно теплый. Уровни болотных вод (УБВ) вследствие исключительной дождливости теплого сезона не опускались ниже поверхности, за исключением торфяных почв аккумулятивной позиции профиля, в которых УБВ снижались до 25 см от поверхности. Окислительно-восстановительный потенциал торфяных почв изменялся от -244 до +924 мВ, окислительные условия наблюдались

только в верхнем 0-20-см слое. Вегетационный период 2003 г. характеризуется как средний (ГТК=1,11), по сумме активных температур (2056,7 °С) - очень теплый. В связи с ранней весной и постепенным сходом снегового покрова УБВ неуклонно снижались во всех исследуемых почвах ландшафтного профиля с первой декады мая до конца сентября и составили в среднем в почвах автономной позиции – 41 см, транзитной – 83 см, аккумулятивной – 100 см. Окислительно-восстановительный потенциал торфяных почв был значительно выше, чем в 2002 году и изменялся от – 182 до 1184 мВ. Зона окислительных процессов прослеживалась до глубины 50 см.

Большой отклик на изменение ОВП обнаружили Cu и Cr. Так, в 2002 г., который характеризуется как влажный, распределение подвижного Cr в торфяных почвах элювиальной позиции сильно варьирует по профилю: отмечается резкое его увеличение на глубине 100-150 см, затем его содержание резко снижается на глубине 200-250 см. Такая же тенденция прослеживается и в отношении поведения Cu. В торфяных почвах транзитной позиции содержание практически всех исследуемых элементов в зависимости от года не меняется, за исключением Cr. Так, в 2002 г. отмечается увеличение его содержания с глубиной, тогда как в 2003 г. в его распределении прослеживается обратная тенденция. В профиле торфяных почв аккумулятивной позиции содержание подвижных элементов изменяется в зависимости от условий года, за исключением Ba, содержание и распределение которого в течение двух лет остается постоянным.

Изучение режимов торфяных почв по отдельным месяцам вегетационного периода показало, что в большей степени проявляется динамика химических элементов в слое 0-50 см. Так, в течение вегетационных периодов в торфяных почвах ландшафтного профиля в слое 0-50 см выявлена тенденция увеличения подвижных химических элементов в июле, по сравнению с маем и сентябрем. Так, например, содержание подвижных элементов Mn, Co, Sr, Ba в июле почти в 2-2,5 раза выше, по сравнению с маем и сентябрем (рисунок 6). Данные результаты подтверждаются также и элементным составом болотных вод (Езупенок Е.Э., 2003, Инишева Л.И., Езупенок Е.Э., 2004). Так, в болотных водах ландшафтного профиля содержание подвижных элементов Mn, Sr, Ba в мае составило 21,5, 19,8, 17,2 мкг/л, а в июле их содержание увеличилось до 79,0 18,0 32,0 мкг/л соответственно.



Примечание – 1 – торфяные олиготрофные типичные почвы автономной позиции; 2 – торфяные олиготрофные типичные почвы транзитной позиции; торфяно-глеевые олиготрофные почвы аккумулятивной позиции ландшафтного профиля.

Рисунок 6 - Сезонная динамика подвижных элементов (в слое 0-50 см) в торфяных почвах ландшафтного профиля.

Следует отметить, что рассматриваемый 0-50 см слой торфяных почв соответствует деятельному горизонту, который согласно исследованиям болотоведов-гидрологов характеризуется благоприятными водно-физическими свойствами и наличием ежегодного опада в виде отмирающей растительности, а также высокой активностью микрофлоры, преобразующей растения в торф. В процессе такого преобразования происходит высвобождение химических элементов и вовлечение их в миграционные потоки. Согласно К.Е. Иванову (Болота Западной Сибири ..., 1976) в болотных ландшафтах велика роль воды в процессах миграции и перераспределения химических элементов: при инфильтрации паводковых вод происходит их вынос из одних слоев торфяных почв в другие. Наши исследования показали, что в деятельном горизонте (соответствует слою 0-50 см) содержание подвижных элементов увеличивается вдоль фильтрационного потока: автономная позиция – транзитная позиция – аккумулятивная позиция. Это достаточно четко прослеживается в отношении Mn, Sr, Ba Cr, Cu. Так, в торфяных почвах автономной позиции ландшафтного профиля, привнос элементов происходит главным образом за счет атмосферных осадков. Далее вниз по профилю за счет стекания и инфильтрации паводковых и болотных вод происходит вынос элементов (Mn, Sr, Ba, Cr, Cu), доказательством чему является их уменьшение в почвах транзитной позиции. При переходе к почвам аккумулятивной позиции, наблюдается увеличение подвижных элементов Mn, Sr, Ba, Cr Cu. Наши исследования подтверждаются ранее полученными результатами по миграции Fe (Инишева и др., 2005). Авторами делается предположение, что перенос элементов в зону геохимического барьера (торфяные почвы аккумулятивной позиции) возможен в виде

комплексов с гуминовыми кислотами. Наши исследования показали наличие корреляционных связей между содержанием элементов и гуминовыми кислотами.

ВЫВОДЫ:

1. Определен региональный элементный химический состав торфов и торфяных почв южно-таежной подзоны Западной Сибири. Показано, что содержание, распределение и накопление исследуемых элементов в рассматриваемых торфах характеризуется неоднородностью, что связано с воздействием многих факторов.
2. Изученные торфа по содержанию химических элементов отличаются от аналогичных торфов Европейской территории России и Дальнего Востока повышенным содержанием Ca, Fe, Sc, Co, Ba, Sr, Br, Yb. Причиной этому является повсеместное распространение на территории южно-таежной подзоны Западной Сибири лессовидных пород, обогащенных Ca, Fe, а также микроэлементами Ba, Sr, Br, Mn, Cu, Zn, Mo, Yb, Sc и особенности их биологического круговорота.
3. Гидрологический режим и биогеохимические особенности функционирования болотных экосистем верхового и низинного типов определяют накопление химических элементов в них. Исследуемые элементы в большем количестве содержатся в низинных торфах по сравнению с верховыми.
4. Ботанический состав торфов оказывает большую роль на содержание химических элементов. Элементы Ca, Sc, Cr, Hf, La, Eu, Th характеризуются близкими величинами содержания во всех исследуемых торфах, содержание элементов Fe, Co, Br, Sr, Ba, Ce, Sm зависит от вида торфа. Некоторые химические элементы накапливаются избирательно, что характерно для Cs, Yb, Lu, U. По способности накапливать химические элементы верховые торфа можно построить в следующий ряд: пушицево-сфагновый > сфагново-мочажинный > комплексный > фускум. По способности накапливать химические элементы низинные торфа можно построить в следующий ряд: древесный > древесно-осоковый > осоково-гипновый > гипновый.
5. В исследуемых торфах обнаружена тенденция к рассеянию щелочных и редкоземельных элементов по сравнению с почвами и литосферой. Активно концентрируются в торфах только Br, кларк концентрации которого выше, по сравнению с кларками почв и литосферы.
6. Степень подвижности химических элементов в исследуемых торфяных почвах варьирует в широких пределах: от 8 до 56 %. Подвижность элементов в торфяных почвах определяется условиями торфообразования, геохимическими условиями данной территории и зольностью торфов, слагающих профиль торфяных почв.
7. По степени подвижности (% от валового содержания) химические элементы образуют следующий ряд: Mn (56 %) > Sr (48 %) > Ba (43 %) > Pb (32 %) = Cr (32 %) > Cu (27 %) = Co (27 %) > V (9 %) > Ti (8 %).
8. Динамика подвижности элементов наиболее ярко проявляется в деятельном слое торфяных почв, характеризующимся сменой анаэробно-аэробных условий протекания биохимических процессов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих научных работах:

1. Езупенок Е.Э. Макро-микроэлементный состав торфов Западной Сибири // Материалы VII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: В 2 т. - Томск: Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2001. т.1: Естественные и точные науки. – С. 23-27.
2. Инишева Л.И., Дементьева Т.В., Инишев Н.Г., Головацкая Е. А, Белова Е.В., Санникова Ю.В., Езупенок Е.Э. Комплексные исследования режимов функционирования торфяных почв олиготрофного ряда // Измерения, моделирование и информационные системы как средства снижения загрязнений на городском и региональном уровне: Международная конференция «Enviromis – 2002. - Томск, 2002. – С. 79.
3. Езупенок Е.Э. Содержание макро и микроэлементов в торфах олиготрофного болота // Болота и биосфера: Материалы первой научной школы. – Томск: Изд-во Том. гос. пед.ун-та, 2003. – С. 108-115
4. Езупенок Е.Э. Химический состав болотных вод олиготрофных ландшафтов // Болота и биосфера: Материалы второй научной школы – Томск: Изд-во Том. гос. пед.ун-та, 2003. – С. 127-134.
5. Езупенок Е.Э. Макро- и микроэлементный состав торфов южно-таежной подзоны Западной Сибири // Химия растительного сырья. – 2003. - № 3. - С. 21-29.
6. Езупенок Е.Э., Золотарева А.Н., Инишева Л.И. Зольный состав торфов олиготрофного болота // Высокие технологии добычи, глубокой переработки и использования озерно-болотных отложений: Материалы междунар. науч.-практ. конф – Томск: Изд-во ЦНТИ., 2003. – С. 24-26.
7. Езупенок Е.Э. Макро- и микроэлементный состав торфов южно-таежной подзоны Западной Сибири // Почвы – национальное достояние России: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов – Новосибирск: Наука-Центр, 2004. – Т. 1. – С. 496.
8. Ezupenok E.A. Macro- and microelements composition of peats of south-taiga subzone of Western Siberia // Wise use of Peatlands: Proceeding of the 12th International Peat Congress. - Tampere, Finland, 2004. – Vol. 2. - P. 1115.
9. Inisheva L.I., Ezupenok E.A., Sannikova Y.V., Sergeeva M.S., Savicheva O.G. Research on the Station “Vasyuganie” // Wise use of Peatlands: Proceeding of the 12th International Peat Congress. - Tampere, Finland, 2004. – Vol. 2. - P. 857-859.
10. Инишева Л.И., Езупенок Е.Э., Инишев Н.Г. Макро- и микроэлементный состав болотных вод Западной Сибири // VI Всероссийский гидрологический съезд. – СПб., 2004. – С. 80-82.
11. Инишева Л.И., Езупенок Е.Э. Болотные воды и их влияние на формирование химического состава рек // Материалы регионального совещания по созданию регистра вопросов и переноса загрязнений. – Барнаул, 2004. – С. 186-195.
12. Езупенок Е.Э. Подвижные элементы в торфяных почвах ландшафтного профиля // Болота и биосфера: Материалы четвертой научной школы. – Томск: Изд-во ЦНТИ, 2005. – С. 184-188.