

УДК 911.5+550.42

## ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАБОЛОЧЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2013 Е.Н. Бурнашова, Ю.А. Харанжевская

Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа Россельхозакадемии, г. Томск

Поступила в редакцию 20.05.2013

Результаты исследования показали, что распределение химических элементов зависит от вида торфа. Подавляющее большинство исследуемых химических элементов накапливается в торфе древесного вида. В сравнении с минеральными почвами в торфах наблюдаются специфические закономерности концентрирования и рассеяния элементов. Содержание химических элементов в верховых торфах ниже по сравнению с почвами мира, за исключением Вг, концентрации которого в торфах значительно превышают кларковые значения. Низинные торфа по сравнению с кларками почв содержат в вышекларковых концентрациях не только Вг, но и Са, Fe, а также к кларковому значению близка концентрация Sr. Расчеты кларков концентрации элементов в торфах относительно их содержания почвах мира показали, что элементы по интенсивности накопления, как в верховых, так и в низинных торфах делятся на 3 группы.

Ключевые слова: *химический состав, торф, кларк, концентрация, накопление, Западная Сибирь*

Хозяйственное освоение заболоченных территорий Западной Сибири становится всё масштабнее и сопровождается строительством городов и вахтовых посёлков, магистральных и сборных трубопроводов, дорог, вырубкой лесов, загрязнением и деградацией земель. Поэтому в условиях высокой заболоченности территории особую важность приобретают эколого-геохимические исследования, которые призваны обеспечить достаточный объём информации для оценки экологического состояния болот и заболоченных территорий, нормирования антропогенной нагрузки и определения границ устойчивости ландшафтов в условиях их интенсивного хозяйственного освоения. Главной проблемой таких территорий является отсутствие грамотных подходов к оценке состояния, определению интенсивности антропогенной нагрузки и, соответственно, ее нормированию. Невозможность применения существующих подходов к оценке геоэкологической ситуации в пределах заболоченных территорий обусловлено их специфичностью, недостаточной изученностью процессов функционирования в силу их недоступности. Болотные ландшафты играют роль своеобразных «легких» для урбанизированных территорий, насыщенных транспортом и промышленными предприятиями. Этому способствует явление

термофореза, когда атмосферные потоки с частицами аэрозольной пыли и микрофлорой движутся в направлении зон пониженной температуры, повышенной влажности и осаждаются там [1]. Болота способны ассимилировать в среднем до 300 кг/га пыли, частично осуществляя минеральное питание растений при одновременном очищении атмосферы [2]. Являясь геохимическими барьерами, болота в естественном состоянии способны накапливать загрязняющие вещества в торфяной залежи и отдавать их при нарушении структуры ландшафта в условиях техногенеза. Кроме того, даже в естественном состоянии образующиеся в торфяной залежи гуминовые вещества способствуют миграции некоторых элементов (тяжелые металлы) в водных растворах с образованием комплексных соединений [3].

Совокупность всех проблем данной территории в целом определяет неблагоприятные условия жизни человека и определяет необходимость комплексного регионального исследования, нацеленного на получение максимально детальной и объективной оценки ландшафтно-геохимических особенностей территории, и воздействий техногенеза на окружающую среду. Основной задачей исследований являются комплексные оценки вещественно-динамического состояния болотных геосистем, прогноз и анализ их изменений под влиянием естественных и антропогенных факторов для реабилитации нарушенных ландшафтов, их охраны и оптимизации.

**Цель работы:** изучение особенностей химического состава торфов Томской области.

*Бурнашова Елена Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории торфа и экологии. E-mail: lichtgestalte@mail.ru*

*Харанжевская Юлия Александровна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией торфа и экологии. E-mail: kharan@yandex.ru*

**Объект и методика исследований.** Исследования химического состава торфов проводились на 9 типичных болотных массивах в границах Томской области в рамках экспедиционных исследований в 2011 г.:

1. Кустарничково-травяное верховое болото на второй надпойменной террасе р. Кеть.

2. Сосново-кустарничково-сфагновое комплексное болото на второй надпойменной террасе р. Кеть.

3. Сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото на первой надпойменной террасе р. Кеть.

4. Травяно-ивовое низинное болото в пойме р. Обь (Обское болото).

5. Березово-травяное низинное осушенное болото в пойме р. Томь (Кандинское болото).

6. Разнотравно-злаковое низинное осушенное болото (болото Таган) на второй надпойменной террасе р. Томь.

7. Травяное низинное болото в пойме р. Кеть.

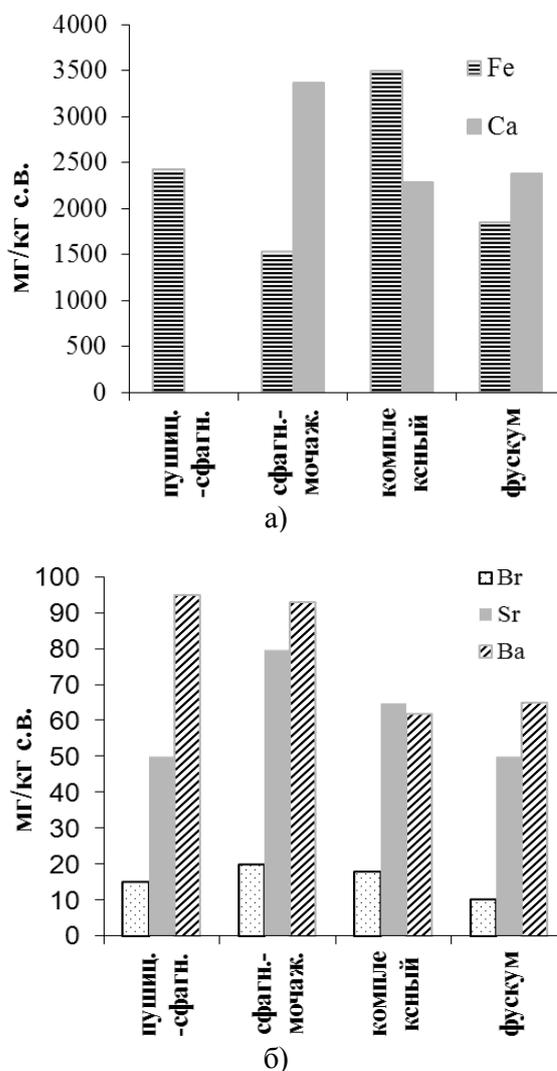
8. Кустарничково-травяно-гипновое низинное болото в пойме р. Обь.

9. Травяное низинное болото на надпойменной террасе р. Обь (Аркадьевское болото).

Методика исследований включала в себя оценку средних концентраций элементов в верховых и низинных торфах, сравнительный анализ содержания веществ в торфяной залежи исследуемых болот и почвах мира. Для изучения направленности процессов накопления (концентрации) или рассеяния (выноса) элементов, происходящих в ходе торфогенеза, проводилось определение кларков концентрации (КК) веществ по соотношению среднего содержания элементов в торфе и почвах мира.

**Результаты и их обсуждение.** Различают два типа биогеохимических ситуаций торфообразования. Первый отвечает условиям, в которых формируются верховые болота и основными растениями-торфообразователями являются сфагновые мхи. Второй – эвтрофными биогеохимическими условиями, когда в результате торфообразовательного процесса образуются низинные болота [4]. Происходящие в верховых болотах биогеохимические циклы массообмена определяются атмосферной миграцией потоков химических элементов. По этой причине М.А. Глазовская [4] верховые торфяники именует элювиальными, геохимическими автономными ландшафтами, в которых содержание элементов подчинено в большей степени климатическим факторам. Низинные торфяники выполняют роль аккумулятивных геохимически подчиненных ландшафтов.

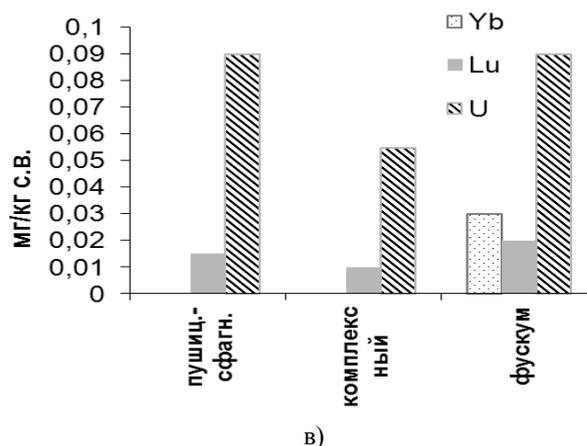
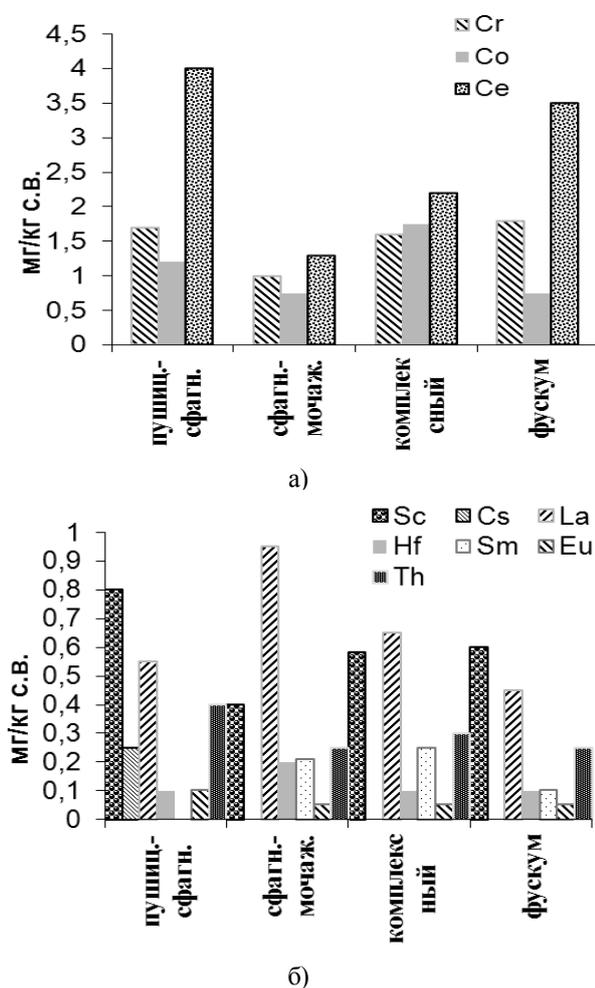
Проведенные авторами исследования показали, что верховые торфа характеризуются низкой зольностью от 0,4% (кустарничково-травяное верховое болото) до 10,6% (сосново-кустарничково-сфагновое верховое болото). В среднем зольность торфов равна 2,9%, что соответствует типовой принадлежности. Наибольшим средним значением характеризуется сфагново-мочажинный торф (4,6%), а наименьшим – пушицево-сфагновый (1,5%). Комплексный и фускум торфа имеют промежуточные значения (3,3 и 2,0% соответственно). В низинных торфах зольность изменяется от 4,3% (травяное низинное болото) до 13,1% (травяно-ивовое низинное болото). Максимальная зольность отмечается для древесного вида (9,8%) и снижается в следующем ряду древесно-осоковый (9,4%) – осоково-гипновый (7,9%) – осоковый виды торфа (6,9%).



**Рис. 1.** Содержание химических элементов в торфах верхового типа разного ботанического состава, мг/кг с.в.: а) Ca, Fe; б) Br, Sr, Ba

Результаты изучения элементного состава торфов разного ботанического состава показали, что распределение химических элементов зависит от вида торфа (рис. 1, 2). Так, например среднее содержание Са в пушицево-сфагновом, комплексном и фускум торфах практически одинаково (2300-2400 мг/кг), несколько выше – в сфагново-мочажинном торфе (3400 мг/кг). Пушицево-сфагновый, комплексный и фускум торфа характеризуются близкими средними значениями Sc (0,54-0,76 мг/кг), Cr (1,57-1,83 мг/кг), Hf (0,11-0,12 мг/кг), La (0,47-0,65 мг/кг). Несколько выше содержание Hf и La (0,17 и 0,94 мг/кг соответственно) отмечается в сфагново-мочажинном торфе.

Практически одинаково среднее содержание Eu (0,06-0,07 мг/кг) во всех исследуемых видах торфов, за исключением пушицево-сфагнового, в котором содержание Eu в среднем составляет 0,11 мг/кг. Среднее содержание Br в пушицево-сфагновом и комплексном торфах практически не отличается (9,00 и 9,64 мг/кг соответственно); самое высокое его содержание обнаружено в сфагново-мочажинном торфе (13,30 мг/кг), а самое низкое – в фускум (4,42 мг/кг). Пушицево-сфагновый и фускум торфа характеризуются близкими значениями по содержанию Sr (48,0 и 46,10 мг/кг соответственно).



**Рис. 2.** Содержание химических элементов в торфах верхового типа разного ботанического состава, мг/кг с.в.: а) Cr, Co, Ce; б) Sc, Hf, Th, Cs, Sm, La, Eu; в) Yb, Lu, U. Данные по содержанию Yb, Lu, U в сфагново-мочажинном торфе отсутствуют

По результатам исследований на кустарничково-травяном верховом болоте наблюдается наибольшее накопление Ba (131 мг/кг), Ce (6 мг/кг), Sc (1,6 мг/кг) и Th (1,2 мг/кг), а также характеризуется наименьшим содержанием Sr (12,5 мг/кг) и Eu (0,03 мг/кг). На сосново-кустарничково-сфагновом комплексном болоте отмечается максимальное содержание Co (2,98 мг/кг), Sm (0,69 мг/кг), и минимальное содержание Ba (38 мг/кг). На сосново-кустарничково-сфагновом верховом болоте в фускум торфе содержится наименьшее количество Br (3,5 мг/кг), Co (0,1 мг/кг), La (0,07 мг/кг), Sm (0,001 мг/кг) и наибольшее Cr (3,4 мг/кг).

Распределение химических элементов в торфах разного ботанического состава низинного типа имеет более равномерный характер по сравнению с верховыми (рис. 3-4). Все исследуемые торфа характеризуются равномерным распределением содержания Sc, Fe, Br, Sr, Ba, La, Eu, вместе с тем среднее содержание Ca, Cr, Co, Br, Hf, Ce, Sm, Th изменяется в зависимости от вида торфа. Следует отметить, что некоторые элементы не содержатся в том или ином виде торфа. Так, например, Yb, Lu, U не обнаружены в осоковом торфе; в древесно-осоковом – U; в осоково-гипновом – Yb и Lu. Следует отметить, что подавляющее большинство исследуемых химических элементов накапливаются в древесном торфе. Древесно-осоковый торф отличается самым высоким содержанием Sr, Ba, Ce, Sm и U; но меньшим – Ca, Sc, Cr, Fe, Co, La, Eu, Th по сравнению с древесным торфом. Вместе с тем необходимо отметить, что древесно-осоковый торф характеризуется самым низким содержанием Br и Hf по сравнению с остальными рассматриваемыми торфами. Осоковый торф, как и

древесный, содержит в высоких концентрациях Fe, и несколько ниже концентрация Ca. Осоково-гипновый торф содержит больше, чем другие торфа Co, Br и Hf; несколько ниже Ca, Sc, Cr, Sr, Sm и Th по сравнению с выше рассмотренными торфами. Таким образом, низинные торфа, по способности накапливать химические элементы можно расположить в следующий ряд: древесный – древесно-осоковый – осоково-гипновый – осоковый.

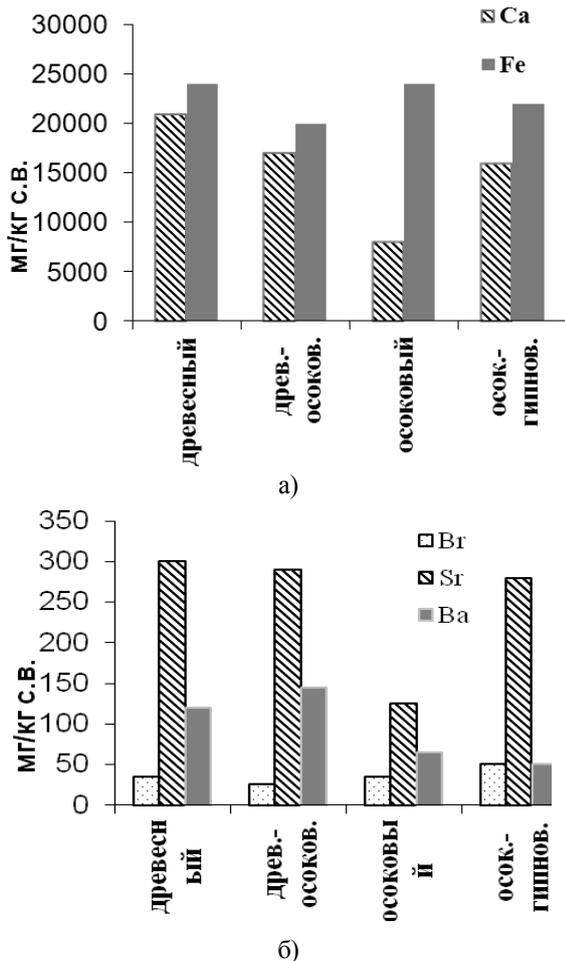


Рис. 3. Содержание химических элементов в торфах низинного типа разного ботанического состава мг/кг с.в.: а) Ca, Fe; б) Br, Sr, Ba

По результатам исследований на травяно-ивовом низинном болоте в древесном торфе обнаружилось наибольшее содержание Ca (22340 мг/кг), Fe (25430 мг/кг), Cr (6,8 мг/кг), La (2,7 мг/кг), Sc (2,1 мг/кг), Hf (0,48 мг/кг), Eu (0,23 мг/кг) и Th (0,89 мг/кг). На березово-травяном низинном осушенном болоте отмечается максимальная концентрация Ba (186 мг/кг) и Sm (0,78 мг/кг). Когда как на разнотравно-злаковом низинном осушенном болоте отмечается минимальной концентрацией Fe (4168 мг/кг), Br (27,4 мг/кг) и Eu (0,018 мг/кг). На травяном низинном болоте в осоковом торфе содержится наименьшее

количество Ca (12610 мг/кг), Sr (63 мг/кг), Cr (1,09 мг/кг), Co (0,28 мг/кг), Sc (0,12 мг/кг), Sm (0,141 мг/кг) и Th (0,07 мг/кг). Кустарничково-травяно-гипновое низинное болото характеризуется наибольшим содержанием Br (63 мг/кг); травяное низинное болото – наименьшим Ba (6,8 мг/кг).

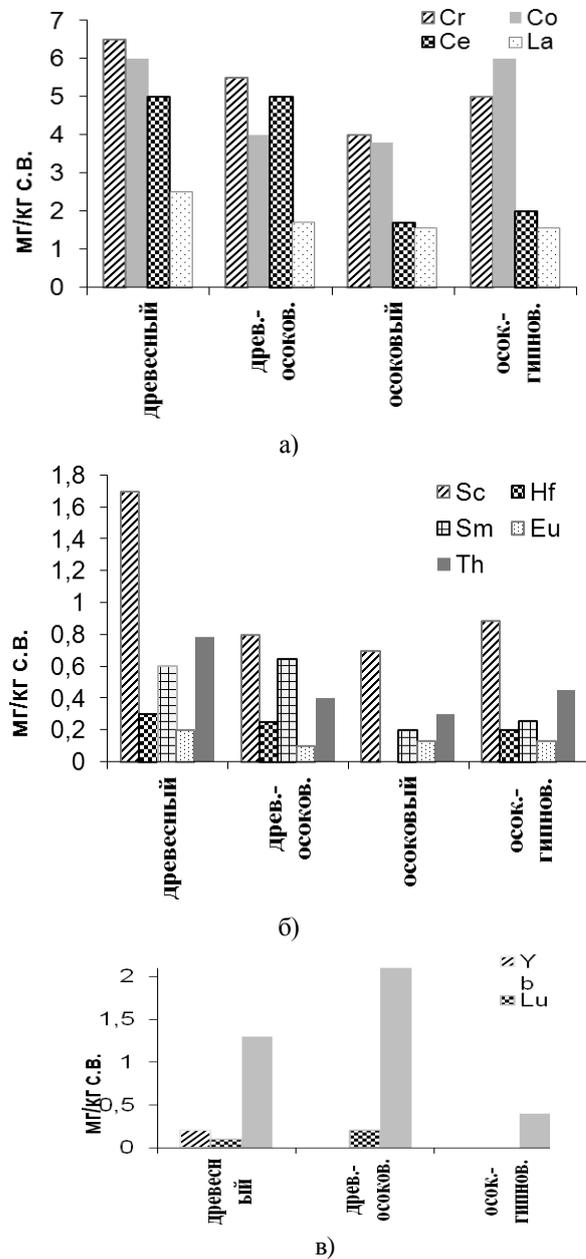
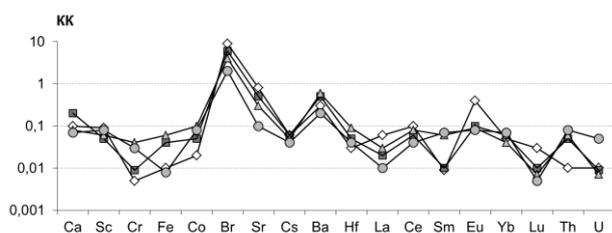


Рис. 4. Содержание химических элементов в торфах низинного типа разного ботанического состава мг/кг с.в.: а) Cr, Co, Ce, La; б) Sc, Hf, Th, Cs, Sm, Eu; в) Yb, Lu, U. данные по содержанию Yb, Lu, U в осоковом торфе отсутствуют

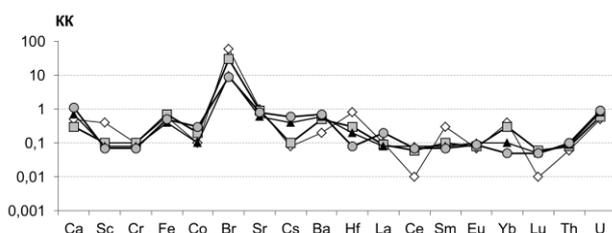
Следует отметить, что содержание элементов в торфах по сравнению с почвами мира нижекларковое, за исключением Br, содержание которого в торфах выше. Особенно низкими содержаниями в торфах по сравнению с почвами характеризуются Sc, Cr, Fe, Cs, La, Ce, Sm, Eu,

Yb, Lu, Th, U, КК которых не превышают 0,07, а для Ca, Sc, Sr, Ba, Hf изменяются от 0,1 до 0,2 (рис. 5).



**Рис. 5.** Кларки концентрации химических элементов в верховых торфах

По сравнению с кларками почв мира, низинные торфа, как и верховые, имеют нижекларковые содержания элементов (рис. 6). Исключением является Vg и Ca, содержание которых выше в торфах по сравнению с почвами. Близки к кларковому содержанию Co и Sr (КК=0,9). Низкими концентрациями характеризуются элементы Cs, La, Ce, Sm, Yb, Lu, Th, их КК колеблются от 0,002 до 0,08. Кларки концентрации Sc, Ba и U изменяются от 0,1 до 0,6. Расчеты кларков концентрации элементов в торфах относительно их содержания в почвах мира показало, что элементы по интенсивности накопления, как в верховых, так и в низинных торфах можно условно разделить на 3 группы, что в целом согласуется с результатами в работе [5]. В первую группу входит только Vg. Ко второй группе относятся элементы, концентрация которых относительно почв мира на 2 порядка ниже. В верховых торфах ее формируют Sr и Ba, а в низинных к их числу добавляются Ca, Fe, Co, U. Третью группу формируют элементы, концентрации которых на два порядка ниже по сравнению с почвами Sc, Cr, Cs, Hf, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Th.



**Рис. 6.** Кларки концентрации химических элементов в низинных торфах исследуемых болот

**Выводы:** 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. Результаты изучения элементного состава торфов показали, что распределение

химических элементов зависит от вида торфа. Подавляющее большинство исследуемых химических элементов накапливаются в древесном торфе. Древесно-осоковый торф отличается самым высоким содержанием Sr, Ba, Ce, Sm и U; но меньшим – Ca, Sc, Cr, Fe, Co, La, Eu, Th по сравнению с древесным торфом. Среди верховых торфов пушицево-сфагновый, комплексный и фускум-торф характеризуются средним содержанием Ca, несколько выше его содержание – в сфагново-мочажинном торфе. Пушицево-сфагновый, комплексный и фускум торфа характеризуются близкими средними значениями Sc, Cr, Hf, La, несколько выше отмечается содержание Hf и La в сфагново-мочажинном торфе. Практически одинаково среднее содержание Eu во всех исследуемых видах торфов, за исключением пушицево-сфагнового, в котором содержание Eu в среднем составляет 0,11 мг/кг. Среднее содержание Vg в пушицево-сфагновом и комплексном торфах практически не отличается, самое высокое его содержание обнаружено в сфагново-мочажинном торфе, а самое низкое – в фускум. Пушицево-сфагновый и фускум торфа характеризуются близкими значениями по содержанию Sr.

Сравнение содержания химических элементов в торфах и минеральных почвах показало, что в торфах наблюдаются специфические закономерности концентрирования и рассеяния элементов. Так, содержание химических элементов, как в верховых, так и в низинных торфах ниже по сравнению с почвами мира, за исключением Vg, концентрация которого в торфах выше (особенно в низинных торфах). В верховых торфах кларки концентрации ниже по сравнению с низинными и, особенно, это прослеживается по элементам Fe, Sc, Sr, Ca, U. Такое положение является вполне закономерным и логичным, поскольку верховые торфа, во-первых, характеризуются более низким содержанием элементов по сравнению с низинными, а во-вторых, их накопление зависит исключительно от баланса поступления и выноса веществ, который может сильно варьировать в зависимости от геохимической принадлежности территории.

Низинные торфа по сравнению с кларками почв содержат в вышекларковых концентрациях не только Vg, 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. Расчеты кларков концентрации элементов в торфах относительно их содержания в почвах мира показало, что элементы по интенсивности накопления, как в верховых, так и в низинных торфах делятся на

3 группы. В первую группу входит только Br. Ко второй группе относятся элементы, концентрация которых относительно литосферы на 2 порядка ниже. В верховых торфах ее формируют Sr и Ba, а в низинных к их числу добавляются Ca, Fe, Co, U. Третью группу формируют элементы, концентрации которых на два порядка ниже по сравнению с литосферой. Это элементы: Sc, Cr, Cs, Hf, La, Ce, Sm, Eu, Yb, Lu, Th.

Таким образом, для торфов характерен свой специфический набор накапливаемых элементов в отличие от почв и литосферы, своеобразие накопления и рассеяния элементов в торфах определяется принадлежностью их к биогенным телам природы, находящимся в геохимическом сопряжении с биокосными телами, такими как почвы, и косными образованиями, которыми являются почвообразующие породы [4]. Поэтому это особенно важно учитывать при оценке экологического состояния, определении и нормировании интенсивности антропогенной

нагрузки на сильнозаболоченных территориях Западной Сибири.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение № 8354.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Грегори, М. Микробиология атмосферы. – М.: Мир, 1964. 371 с.
2. Пьявченко, Н.И. О роли атмосферной пыли в питании болот / Н.И. Пьявченко, З.А. Сибирева // Доклады АН СССР. 1959. Т. 124, № 2. С. 414-417.
3. Шварцев, С.Л. Геохимия природных вод района Большого Васюганского болота / С.Л. Шварцев, Н.М. Рассказов, Т.Н. Сидоренко, М.А. Здвижков // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития. – Томск, 2002. С. 139-149.
4. Глазковская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. шк., 1988. 328 с.
5. Езупенок, Е.Э. Содержание химических элементов в торфах и торфяных почвах южно-таежной подзоны Западной Сибири: Дис. ... канд. биол. наук. – Томск, 2005. 149 с.

## ECOLOGICAL AND GEOCHEMISTRY RESEARCH OF BOGGY TERRITORY IN WEST SIBERIA

© 2013 E.N. Burnashova, Yu.A. Haranzhevskaya

Siberian Scientific Research Institute of Agriculture and Peat of Rosselkhozakademiya,  
Tomsk

Results of research showed that distribution of chemical elements depends on a peat type. The vast majority of studied chemical elements collects in woody peat. In comparison with mineral soils in peat specific regularities of concoction and dispersion of elements are observed. The maintenance of chemical elements in raising peat is lower in comparison with world soils, except for Br, which concentration in peat considerably exceed clark values. Fen peat in comparison with soils clarks contain in more than clark concentration not only Br, but also Sa, Fe, and also concentration of Sr is close to clark value. Calculations of clark of concentration of elements in peat concerning their contents in the world soils showed that elements on intensity of accumulation, both in raised bog and fen peat share on 3 groups.

Key words: *chemical composition, peat, clark, concentration, accumulation, West Siberia*

---

*Elena Burnashova, Minor Research Fellow at the Peat and Ecology Laboratory. E-mail: lichtgestalte@mail.ru*  
*Yuliya Haranzhevskaya, Candidate of Geology and Mineralogy, Chief of the Peat and Ecology Laboratory. E-mail: kharan@yandex.ru*