

1989. – 287 с.

4. Столбикова, Г.Е. *Процессы открытых горных работ. Фрезерный торф.* / Г.Е. Столбикова, О.С. Мисников, В.А. Иванов. Тверь: ТвГТУ, 2017. 160 с.

5. Пухова, О.В. *Закономерности изменения физических свойств торфа при его переработке и сушке: Автореф. дис. ... канд. техн. Наук* / О.В. Пухова. Тверь: ТГТУ, 1998. – 16 с.

6. Афанасьев, А.Е. *Оптимизация процессов сушки и структурообразования в технологии торфяного производства* / А.Е. Афанасьев, Н.В. Чураев. М.: Недра, 1992. – 288 с.

7. Афанасьев, А.Е. *Оценка структурных характеристик при сушке формованных органических и органоминеральных биогенных материалов* / А.Е. Афанасьев, О.С. Мисников // *Теоретические основы химической технологии*, – 2003. – Т. 37. – № 6. – С. 620-628.

8. Афанасьев, А.Е. *Структурообразование коллоидных и капиллярно-пористых тел при сушке* / А.Е. Афанасьев. Тверь: ТвГТУ, 2003. – 189 с.

9. Антонов, В.Я. *Технология полевой сушки торфа* / В.Я. Антонов, Л.М. Малков, Н.И. Гамаюнов. – М.: Недра, 1981. – 239 с.

10. Мисников, О.С. *Разработка научных принципов утилизации промышленных отходов с комплексным использованием ресурсов торфяных месторождений: Автореф. дис. ... докт. техн. наук* / О.С. Мисников. Тула: ТулГУ, 2007. – 40 с.

УДК [552.574:53]:[553.97:626.86]

## **ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ С УСЛОВИЯМИ ЗАЛЕГАНИЯ НА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПЕСКАХ**

**Мокроусова И.В., Лаптева С.Б.**

*Тверской государственный технический университет*

*На основании анализа фактического материала по содержанию макроэлементов в низинных торфяных залежах Тверской области с условиями залегания – на аллювиальных песках дается характеристика аккумуляции и миграции химических элементов в торфяных месторождениях с геохимических позиций.*

Содержание химических элементов в торфяных залежах связано с условиями их залегания. Особенно тесная взаимосвязь проявляется в низинных торфяных месторождениях, характери-

зующихся большим разнообразием источников водного и минерального питания. Изучение геохимических особенностей формирования торфяных залежей, аккумуляции и миграции химических элементов в них имеет большое значение для выявления природы и генезиса торфяных месторождений [1-7]. Цель настоящей работы – охарактеризовать содержание химических элементов в торфяных залежах торфяного месторождения, сформированного на аллювиальной равнине.

Исследования проводились на торфяном месторождении низинного типа Тверской области со строением торфяной залежи (древесно-осоковая и древесно-тростниковая), с геологическими условиями залегания - на аллювиальной равнине, сложенной желтыми тонко- и мелкозернистыми аллювиальными песками (аQ<sub>III-IV</sub>) (рис. 1).

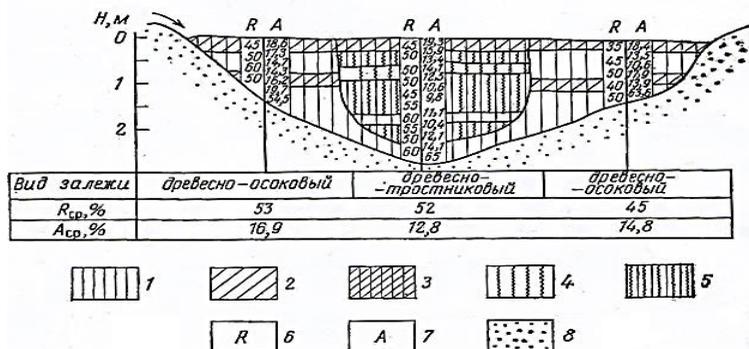


Рис. 1 – Стратиграфический разрез торфяного месторождения с геологическими условиями залегания – на аллювиальных песках. Условные обозначения: 1 – торф древесный низинный; 2 – торф осоковый низинный; 3 – торф древесно-осоковый низинный; 4 – торф тростниковый низинный; 5 – торф древесно-тростниковый низинный; 6 – степень разложения торфа (R, %); 7 – зольность торфа в пересчете на абсолютно-сухое вещество (A, %); 8 – пески

Пробы торфа отбирали в пунктах бурения окраинной и центральной зон торфяного месторождения по генетическим горизонтам и исследовали на содержание макроэлементов: кремния, кальция, железа, алюминия, фосфора, серы. Валовое содержание макроэлементов определяли по методике зольного анализа.

Для установления геохимической взаимосвязи торфяных залежей и пород окружения был определен минералогический и химический состав четвертичных отложений и почв, являющихся окружением торфяного месторождения, поверхностных и грунтовых вод, а также вод торфяного месторождения.

В исследованных пунктах бурения было рассчитано среднешурфовое содержание химических элементов, как средневзвешенная величина, включая дернину, поддернинный (до глубины 0,1 м) и придонный горизонты с зольностью выше нормальной.

Для установления характера накопления и миграции химических элементов в торфяной залежи были использованы следующие геохимические параметры: коэффициенты относительной концентрации и рассеяния (КОК и КОР), биологического поглощения (КБП), водной миграции ( $K_x$ ), рассчитанные по А.И. Перельману [8]. При расчете коэффициентов относительной концентрации брали отношение содержания химических элементов в торфяной залежи к среднему содержанию исследованных элементов в почвах по А.П. Виноградову [9]. Для выявления относительного накопления химических элементов в придонных и поддернинных горизонтах торфяной залежи рассчитывали коэффициент аккумуляции ( $K_{ак}$ ) как отношение содержания элементов в этих горизонтах к среднему содержанию их в торфяной залежи. Результаты исследований представлены в табл. 1 – 6 и на рис. 2 – 5.

Анализ минералогического состава четвертичных отложений, на которых формируется исследованное торфяное месторождение, показал, что основными минералами этих отложений являются кварц и полевые шпаты (табл. 1), повышенные количества которых обнаружены в аллювиальных песках.

Таблица 1 – Минералогический состав четвертичных отложений Тверской области, % от породы

Генетический тип четвертичных отложений	Кварц	Полевые шпаты	Пирит	Магнетит-гематит	Лимонит	Циркон	Гранат	Роговая обманка	Элидог	Пироксены
Аллювиальный песок	55,84-60,28	23,93-29,83	Ед.-0,04	0,21-0,30	0,03-0,08	0,03-0,05	0,09-0,16	0,11-0,13	0,07-0,13	0,03-0,12

Химический состав аллювиальных песков (табл. 2) отличается повышенным содержанием кремния, железа, серы, фосфора.

Таблица 2 – Химический состав четвертичных отложений Тверской области

Генетический тип четвертичных отложений	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
	% а. с. в.*								
Аллювиальный песок	90,27	1,51	7,44	1,91	Не опр.	0,92	0,60	Не опр.	Не опр.

Подзолистые почвы, развивающиеся на песках, характеризуются повышенным содержанием кремния (табл. 3).

Торф в процессе образования наследует значительную часть минералов окружающих пород. В ходе переотложения минерального материала и формирования новой осадочной фации – торфа происходит обеднение минеральными видами (табл. 4) и образование новых аутигенных минералов, например, опала. Это происходит за счет накопления фитолитов при отмирании растений-торфообразователей [10].

Таблица 3 – Химический состав почв Тверской области [7]

Тип почв	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
	% а. с. в.								
Подзолистые на песках	93,8	3,3	0,8	0,4	0,2	0,07	0,05	0,4	0,2

Содержание кремния в торфах, формирующихся на песках, определяется главным образом кварцем (до 80% от общего содержания).

Изучение химического состава грунтовых вод, питающих исследованное торфяное месторождение (табл. 5), показало, что верхний предел общей минерализации увеличивается в водах, приуроченных к окраине торфяного месторождения. [7].

Таблица 4 – Минералогическая характеристика торфяных залежей Тверской области (центральная зона)

Окружение залежи	R, %	A, %	Среднее содержание минералов в абсолютном сухом торфе	Среднешурфовое значение минералов, % а.с.в.										
				кварц	полевые шпаты	пирит	магнетит	лимонит	кальцит	апатит	циркон	гранат	роговая обманка	пироксен
				Аллювиальные пески	50	11,8	0,92	0,74	0,06	$4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$

Коэффициенты относительной концентрации химических элементов (табл. 6 и рис. 2) показывают, что в торфяной залежи на аллювиальных песках накапливаются (по сравнению с почвами) сера, фосфор, кальций. Порядок распределения химических элементов по КОК в крайнем и центральном пунктах аналогичен.

Таблица 5 – Химический состав грунтовых и торфяных вод Тверской области

Геохимический ландшафт, категория вод	Минерализация М, мг/л	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sub>общ</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>
		мг/л					
Аллювиальная равнина (грунтовая)	170,9	40,1	15,8	Сл.	134,2	33,7	14,2
Болотный с песчаным окружением центр торфяного месторождения	253,3	96,0	74,4	Сл.	150,1	5,2	42,6
Окраина торфяного месторождения	274,9	82,1	21,8	Сл.	252,5	33,3	21,3

Таблица 6 – Геохимическая характеристика торфяных залежей на аллювиальных песках

Элемент	КОК и КОР	K <sub>ак</sub> *	КБП	K <sub>x</sub>	
				окраина	центральная зона
Ca	3,4	5,0	0,4-2,7	0,7	0,6
Si	-11,5**	5,67	2,3-7,6	0,12	0,14
Fe	-5,4	1,5	1,2-1,8	0,07	Сл.
Al	-14,2	8,0	0,3-5,0	–	–
P	3,1	4,7	0,4-2,3	–	–
S	9,4	0,9	0,5-0,7	–	–

\* Указаны максимальные значения.

\*\* Значения с минусом – КОР.

Восстановительная среда, щелочно-кислотные условия, большое количество органических кислот и литолого-геохимические условия залегания торфяных месторождений влияют на дальнейшую миграцию химических элементов. Многие химические элементы в условиях торфяных месторождений становятся более подвижными по сравнению с окружающими водосборными площадями, о чем свидетельствуют коэффициенты биологического поглощения (табл. 6, рис. 3).

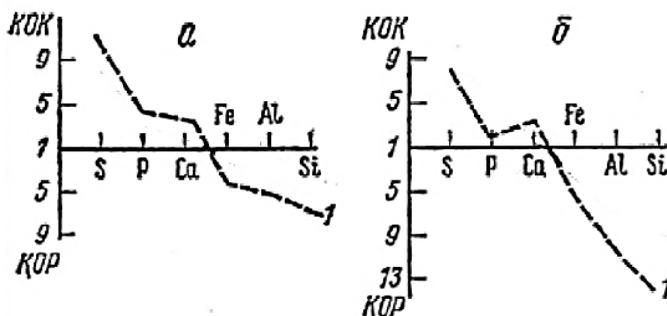


Рис. 2 – Геохимические показатели торфяных залежей на аллювиальных песках:

а – на окраине торфяных месторождений;

б – в центральной зоне торфяных месторождений

Наиболее подвижным элементом в торфяных залежах является марганец, который в восстановительных условиях торфяных месторождений хорошо мигрирует в двухвалентной форме, особенно в торфяных залежах на аллювиальных песках. В условиях кислой и слабокислой среды болотных ландшафтов подвижен также и цинк.

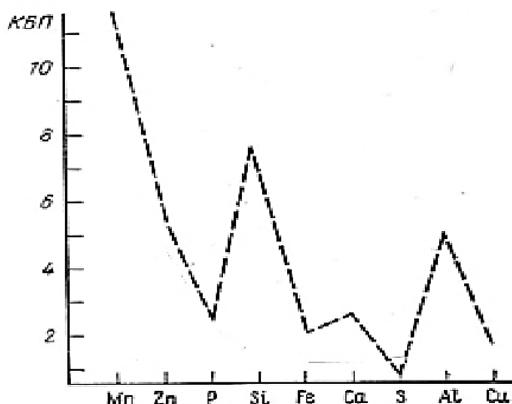


Рис. 3 – Биологическое поглощение химических элементов в торфяных залежах на аллювиальных песках

Значительная аккумуляция кремния растениями-торфообразователями в торфяной залежи на аллювиальных песках обусловлена, по-видимому, не только большим его валовым содержанием, но и увеличением его подвижности в условиях кислой среды торфяных месторождений. Аналогичный вывод можно сделать и в отношении алюминия, который в большинстве геохимических обстановок является малоподвижным мигрантом [8]. Кремний и алюминий относятся к группе элементов слабого и очень слабого биологического захвата.

Сравнение коэффициентов аккумуляции исследованных химических элементов в поддернинном слое и КБП этих же элементов в дернине торфяных месторождений на аллювиальных песках (рис. 3, 4) показало, что ряды химических элементов, составленные в убывающем порядке по КБП (1-й ряд) и  $K_{ак}$  (2-й ряд), мало различаются между собой.

1-й ряд:  $Mn < Si < Zn < Al < Ca < P < Fe < Cu < S$ .

2-й ряд:  $Mn < Si < Al < Fe < Ca < P < Zn < Cu < S$ .

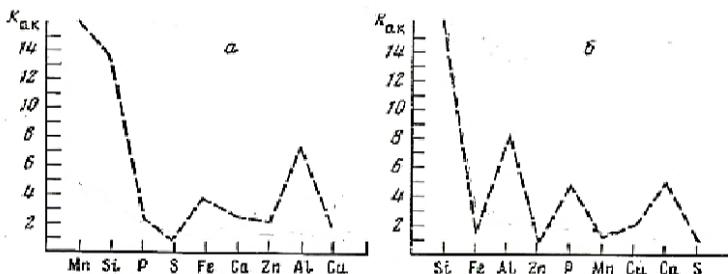


Рис. 4. – Относительное накопление химических элементов в верхнем поддернинном (а) и придонном (б) слоях торфяных залежей

Анализ коэффициентов водной миграции ( $K_x$ ) некоторых элементов (рис. 5) позволяет сделать вывод о том, что наиболее водноподвижными в поверхностных условиях торфяных месторождений на аллювиальных песках являются цинк (особенно в окраинной зоне) и медь; кальций, кремний, марганец и, особенно, железо обладают невысокой подвижностью.

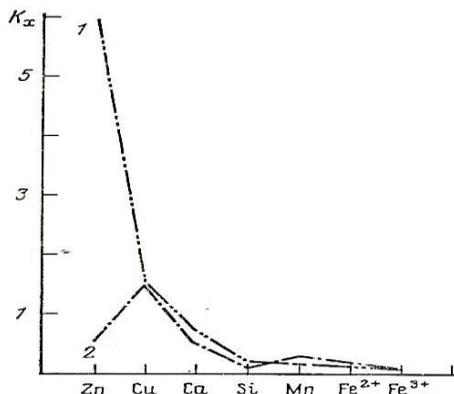


Рис. 5 – Миграционная способность химических элементов в поверхностных водах торфяной залежи на аллювиальных песках:  
1 – на окраине, 2 – в центральной зоне

Низкое содержание в поверхностной воде кремния и марганца объясняется, возможно, их значительным поглощением растениями-торфообразователями (о чем свидетельствуют высокие КБП) и переходом подвижного двухвалентного марганца в инертную форму в окислительных условиях. Коэффициент водной миграции меди в поверхностных условиях торфяных месторождений выше, чем у такого подвижного в ландшафтах элемента, как кальций.

Проведенными исследованиями установлено, что миграционная способность макроэлементов изменяется по глубине торфяных залежей и площади торфяных месторождений [3] и обусловлена их стратиграфическими особенностями, различной емкостью поглощения слагающих торфов, связанной со степенью разложения, зольностью, характером и прочностью связи элементов с органической составляющей торфа при определенных щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условиях среды.

На рис. 4 представлены коэффициенты относительного накопления химических элементов в придонных горизонтах торфяных залежей, характеризующихся высокой зольностью. Анализ этих показателей в торфяной залежи на аллювиальных песках интенсивно накапливает кремний, алюминий, кальций, фосфор.

Анализ геохимических параметров показал, что миграционная способность химических элементов в торфяных залежах не только измеряется по сравнению с окружающими ландшафтами [8], но зависит также от геологической обстановки. Такой подвижный в ландшафте и энергично поглощаемый растениями элемент, как сера, в условиях низинных торфяных залежей Тверской области накапливается слабо, а медь и марганец, особенно в торфах на аллювиальных песках, интенсивно. Алюминий, железо, кремний, являющиеся малоподвижными мигрантами, в условиях торфяных месторождений значительно увеличивают миграционную способность.

Изучение миграции и накопления химических элементов в торфяных залежах в связи с условиями их залегания имеет значение для выявления геохимических особенностей генезиса торфяных месторождений и выяснения роли этих элементов в преобразовании минерального вещества в зоне гипергенеза. Полученные материалы могут быть использованы при уточнении классификации торфов.

### Библиографический список

1. Лукашев, К.И. Геохимия озерно-болотного литогенеза [Текст] / К.И. Лукашев. – Минск: Наука и техника, 1971. – 284 с.
2. Ефимов, В.Н. Формы аккумуляции и миграции веществ в болотных почвах [Текст] / В.Н. Ефимов // Почвоведение, 1964. - №6. – С. 67.
3. Ларгин, И.Ф. О геохимической подвижности макро- и микроэлементов в торфяных залежах [Текст] / И.Ф. Ларгин, С.Е. Приемская, И.В. Мокроусова // Сб. Вып. 1. – Калинин, 1975. – С. 54.
4. Трошичева, Т.В. Формы нахождения кремния, кальция, железа и серы в торфяных залежах [Текст] / Т.В. Трошичева, И.В. Мокроусова // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 2. – Калинин, 1977. – С. 35.
5. Приемская, С.Е. Исследование биогенной аккумуляции химических элементов в торфяных месторождениях различного геологического окружения [Текст] / С.Е. Приемская, Т.В. Трошичева, И.В. Мокроусова // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 3. – Калинин, 1978. – С. 109.
6. Ларгин, И.Ф. К вопросу геохимии некоторых макро- и микроэлементов в биосфере [Текст] / И.Ф. Ларгин, С.Е. Приемская, Т.В. Трошичева [и др.]. // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 4. – Калинин, 1979. – С. 79.
7. Приемская, С.Е. Геохимическая характеристика некоторых генетических типов четвертичных отложений Калининской области [Текст] / С.Е. Приемская, Т.В. Трошичева, И.В. Мокроусова // Исследование торфяных месторождений. Сб. Вып. 6. – Калинин, 1981. – С. 49.
8. Перельман, А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза [Текст] / А.И. Перельман. – Л.: Недра, 1972. – 288 с.
9. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах [Текст] / А.И. Перельман. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 237 с.
10. Ларгин, И.Ф. Минеральные образования в болотных растениях и их остатках [Текст] / И.Ф. Ларгин, Т.В. Трошичева // Почвоведение. - 1970. - №4. – С. 99.