

Академик АН БССР К. И. ЛУКАШЕВ, В. А. КОВАЛЕВ,  
А. Л. ЖУХОВИЦКАЯ

## ФОРМЫ АЛЮМИНИЯ И КРЕМНИЯ В ТОРФЯНИКАХ БЕЛОРУССИИ

С позиций теории литогенеза (<sup>1</sup>) совершенно по-новому предстают роль и геологическая значимость болотного процесса. Торфяные болота — это не только бассейны аккумуляции органического вещества, но и важнейший литогенетический фактор преобразования продуктов коры выветривания и состава химического и механического стока с континентов. Последнее явилось основой изучения поведения отдельных элементов и минералов в условиях болотной среды на примере современных торфяников Белоруссии.

Данная статья включает материалы, освещающие некоторые новые моменты геохимии алюминия и кремния, и является продолжением широкого геохимического изучения болотного процесса в целом (<sup>2-4</sup>).

По отношению к речному стоку болотные массивы выступают как фактор совокупной (механической и химической) дифференциации эрозионных продуктов коры выветривания. Химико-минералогическое преобразование илестых частиц начинается уже в корнеобитаемой зоне, продолжается в торфяном слое, и, по-видимому, происходит (хотя и очень замедленно) в более глубоких горизонтах. В результате десиликации глинистых минералов зольный остаток торфа обогащается аморфным кремнеземом в форме бесструктурных агрегатов, а также скелетных остатков диатомовых, макро- и микросклер пресноводных губок, пластинок фитолитов. Кремнезем, перешедший в раствор, постепенно выносится на уровне очеса и по внутренним водопроводящим каналам в сторону естественной или искусственной дренажной системы. Интенсивность выноса, как и степень (а также скорость) преобразования илестого наноса зависят от биохимических особенностей растительного покрова и мутности речных вод. Имеет значение морфология поверхности, влияющая на скорость водообмена слоев торфа.

Основами для проведенных положений явилось изучение (химическими методами) форм алюминия и кремния по генетическим горизонтам на трех типичных торфяных массивах Белорусского Полесья: Выгоновском, Хоревском и Городищенском, а также широкое гидрохимическое изучение поверхностных, почвенно-грунтовых и болотных вод.

Выгоновский массив — один из крупнейших в Полесье (площадь свыше 50 тыс. га). Исключительно низкие уклоны обуславливают высокий круглогодичный уровень грунтовых вод, длительное и почти повсеместное затопление поверхности в паводковый период. Заблачивание шло через образование гипново-моховых и тростниковых топей, что свидетельствует о застойном водном режиме и относительной автономности ландшафта.

Второй торфяной массив — Хоревский занимает местное расширение долины р. Ясельды (левый приток Припяти) в ее верхнем течении, имеет длину около 25 км при максимальной ширине до 6,5 км, расположен в зоне перехода плоской поверхности Полесской низменности к холмистой моренной равнине (Белорусской гряде). Относительные превышения склонов над окрайками болота достигают 20—40 м. Торфяник развивался в условиях более обильного привноса минерального вещества со стороны,

активного промывного режима и, по-видимому, большей относительной роли глинистых минералов в составе механических взвесей.

Третий — Городищенский торфяник расположен на участке слияния с Припятью двух ее крупных притоков — Пины и Ясельды и представлен единым болотным массивом, со всех сторон омываемым реками. Поверхность болота лишь на 0,9—1,9 м выше меженного уровня и в период паводка на длительный срок покрывается слоем воды глубиной до 1,0—1,5 м. С неровностями поймы связана различная интенсивность половодных потоков, а следовательно, и состав и размерность отлагаемого илистого материала. Торф отличается резко повышенной зольностью (среднее 38,6%). Болотный процесс протекал в условиях сильного обводнения и проточности (разной на разных участках).

Основная задача заключалась в том, чтобы химическими методами по алюминию и кремнию оценить алюмосиликатную часть зольного остатка торфа, вычитая из валового содержания кремнезема его свободные, не связанные с алюминием формы. Озоление проводилось при температуре 400—450°. Это обеспечивало сохранность почти всех минералов в исходном торфе (5). В зольных остатках определялись SiO<sub>2</sub> общая, аморфная и кварца (6, 7).

В обобщенном виде соотношение алюминия и кремния в торфах, отражающее геохимические особенности болотного процесса для условий Полесья, показано в табл. 1. По разрезу торфяной залежи четко выделяются четыре слоя: торфогенный (верхние 0,4—0,5 м), средний, придонный и отложения озерной стадии, предшествовавшей заболачиванию. Каждый из них характеризуется своим сочетанием форм кремнезема, количеством подвижного (растворимого в 5% HCl) алюминия, алюмо-кремниевым коэффициентом.

Состав и химические свойства силикатов и алюмосиликатов верхних горизонтов имеют много общего с подстилающими сапропелями. В обоих случаях глинистые минералы близки к таковым окружающих почв и тонкодисперсной взвеси поверхностных вод. Для торфогенного горизонта это является следствием времени (глинистые минералы еще не успели претерпеть существенного изменения в болотной среде); для озерных осадков — следствием среды седиментации (мягкие пресные воды при незначительном влиянии органического вещества). Алюмо-кремниевые коэффи-

Таблица 1

Изменение основных форм и отношения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> по разрезу торфяника (средние данные по трем торфяным массивам Белорусского Полесья)

Показатель	Озерные осадки		Торфогенные слои		Придонные слои		Средняя часть залежи	
	пределы	средн.	пределы	средн.	пределы	средн.	пределы	средн.
Зольность, %	42,2—84,3	67,1	9,7—30,3	19,0	8,3—42,6	25,5	3,7—17,4	8,95
SiO <sub>2</sub> общ., % на абс.	31,8—63,6	42,7	4,4—17,9	10,8	4,2—22,8	13,3	0,3—5,2	1,29
сух. торф								
SiO <sub>2</sub> аморф., % от общ.		1,9		4,0		5,4		7,8
SiO <sub>2</sub> кв., % от общ.		82,7		55,9		72,2		61,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ., % на абс.	2,2—4,6	3,4	0,7—2,9	1,9	0,8—7,1	3,5	0,2—2,0	0,61
сух. торф								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> , молярн. %	0,04—0,06	0,05	0,07—0,12	0,10	0,12—0,20	0,14	0,20—0,51	0,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> силикатов	0,35	0,35	0,24—0,53	0,36	0,43—1,66	0,88	0,55—4,2	0,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> HCl/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> вад., %	7,3—23,2	12,3	21,0—44,1	28,0	17,5—50,0	32,1	32,6—90,4	52,9
(CaO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )/(SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,07—0,8	0,31	0,2—0,6	0,33	0,2—0,7	0,36	0,8—5,2	2,8

денты, рассчитанные по валовому содержанию элементов, ничем, по существу, не отличаются от соответствующих коэффициентов для пород четвертичного покрова Белоруссии:  $Al_2O_3/SiO_2$  для почв 0,05, аллювиальных отложений 0,02; речных взвесей 0,02—0,10. В пересчете на глинистые минералы эти величины выше. Формально они близки к монтмориллониту, отражая, по-видимому, пеструю смесь тонкодисперсных минералов почвенного покрова.

Озерные осадки отличаются очень высокой зольностью (до 84%), значительным количеством кварца, пониженным по сравнению с торфом, но более высоким по сравнению с обычными глинами содержанием подвижного алюминия.

В торфогенном слое повышено содержание кислоторастворимого алюминия. Количество же аморфного кремнезема во многом зависит от водного режима поверхности болота. Застойный режим способствует относительной концентрации этой формы, промывной — обеднению. Эта особенность наиболее наглядно видна на примере отдельных массивов. Так, на Выгоновском и Городищенском торфяниках в торфогенном слое наиболее удаленных и изолированных от реки участков содержание аморфного кремнезема заметно повышено по сравнению с более дренируемыми (35% от общего  $SiO_2$  по сравнению с 0,6—9,2%).

Для средней части торфяника характерно высокое значение алюмокремниевый коэффициент. На бескварцевое вещество он близок к единице (в среднем выражении), а по отдельным пробам намного превышает эту величину. От трети до половины алюминия легко извлекается 5% HCl. Торф из средних частей залежи характеризуется пониженным содержанием зольных элементов.

Принимая количество поступающих на поверхность торфяника минеральных частиц постоянным во времени, приходим к выводу, что часть составляющих их элементов была вынесена, а следовательно, степень воздействия болотного процесса на силикаты и алюмосиликаты должна быть выше. Это полностью подтверждается фактическими данными. Высокое значение гидрогенного коэффициента — отношения суммы кальция и железа (воднорастворимые мигранты в условиях обводненного болота) к сумме алюминия и кремния — также свидетельствует о существенном проявлении массообмена с внешней средой.

По степени переработки алюмосиликатного материала к средним горизонтам торфяной залежи близки придонные слои. И тем, и другим свойственны высокие значения отношения  $Al_2O_3/SiO_2$  силикатов и содержание подвижного алюминия. В то же время, меньшая заболоченность водосбора начальной стадии торфообразования сказалась в повышении зольности. Содержание алюминия и кремния близко к таковому в торфогенном слое, хотя распределение и формы их совершенно отличны.

В условиях болотной среды кремний оказывается более растворимым по сравнению с алюминием, несмотря на способность последнего к комплексообразованию с гумусовыми кислотами. Алюминий, находясь в торфе в сравнительно подвижной форме, вероятно, больше тяготеет к гуминовым кислотам твердой фазы, а не к фракциям воднорастворимых фульвокислот. По содержанию алюминия и кремния болотные воды немого превосходят почвенно-грунтовые. Отношение  $Al_2O_3/SiO_2$  (мольное) равно 0,04. В торфах, где основу породы составляет органическое вещество, подобное явление может быть объяснено только более глубокой переработкой силикатного и алюмо-силикатного материала по сравнению с минеральными почвами.

Наглядным примером влияния торфяников на разложение силикатов и разделение алюминия и кремния является изменение форм переноса элементов в реках с разной заболоченностью водосборов (табл. 2). В паводковых водах Немана (заболоченность 15%) общее содержание кремнезема составляет 10,97 мг/л. Основной формой являются механические

Содержание кремния, алюминия и железа в паводковых водах рек с разной заболоченностью водосборов (апрель 1971 г.)

Река	Заболоченность, %	Si		Al		Fe	
		1	2	1	2	1	2
Ясельда, устье	43	1,37	$\frac{1,07}{78,1}$	0,34	$\frac{0,28}{82,4}$	0,53	$\frac{0,42}{79,2}$
Припять, выше г. Пинска	33	3,84	$\frac{1,30}{33,8}$	0,32	$\frac{0,17}{53,1}$	0,38	$\frac{0,19}{50,0}$
Неман, у пос. Лунно	15	10,97	$\frac{1,49}{13,6}$	0,54	$\frac{0,25}{46,3}$	1,27	$\frac{0,30}{23,6}$

Примечание. 1 — общее содержание, включая механические взвеси (мг/л); 2 — содержание растворенной формы (над чертой — мг/л, под чертой — % от общего содержания).

взвеси. Растворенного кремния немного более 10% (от валового). Наоборот, для вод р. Ясельды (заболоченность 43%) характерно преобладание растворимых соединений как кремния, так и алюминия и железа.

Таким образом, полученные данные по формам нахождения алюминия и кремния в современных торфях Полесья, в речном стоке с учетом заболоченности водосборов, а также стадийное изменение состава глинистых минералов в различных фацональных обстановках торфяных болот<sup>(8)</sup> указывают на неизбежность вторичного химико-минералогического преобразования продуктов механической эрозии. Последнее, в свою очередь, приводит к разделению путей миграции породообразующих элементов. Для зоны умеренного климата наиболее значительные качественные изменения состава пород коры выветривания наблюдаются именно в торфяных болотах. При выравнивании суши и расширении площади заболачивания («болотно-островные ландшафты») роль болот как фактора выветривания возрастает. Высокое содержание  $Al_2O_3$  в золе ископаемых углей — следствие не столько внешних причин, сколько внутренних процессов разрушения алюмосиликатов и выноса кремнезема.

Институт геохимии и геофизики  
Академии наук БССР  
Минск

Поступило  
10 IX 1973

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. М. Страхов, Основы теории литогенеза, т. 1—3, Изд. АН СССР, 1960—1963.  
<sup>2</sup> К. И. Лукашев, В. А. Ковалев и др., Геохимия озерно-болотного литогенеза, Минск, 1971.  
<sup>3</sup> К. И. Лукашев, В. А. Ковалев и др., Литол. и полезн. ископ., № 3 (1972).  
<sup>4</sup> В. А. Ковалев, В. А. Генералова, Геохимия, № 2 (1969).  
<sup>5</sup> Л. Н. Александрова, Пробл. советск. почвовед., сборн. 15 (1949).  
<sup>6</sup> Н. М. Страхов, Методы изучения осадочных пород, т. 2, 1957.  
<sup>7</sup> Э. С. Залманзон, Сборн. Кора выветривания, в. 1, 1952.  
<sup>8</sup> П. П. Тимофеев, Л. И. Боголюбова, Литол. и полезн. ископ., № 3 (1972).