

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

<b>Холмурадова Дилафруз Куватовна</b>	- Самаркандский Государственный медицинский институт, Зав. кафедра «Химия», DSc
<b>Негматов Сайибжан Садыкович</b>	- научный руководитель Государственного унитарного предприятия «Фан ва тараккиёт» ТашГТУ, Академик АН РУз, Заслуженный деятель науки Республики Узбекистан
<b>Ходжаева Дилфуза Назировна</b>	- докторант Государственного унитарного предприятия «Фан ва тараккиёт» ТашГТУ
<b>Абед Нодира Сайибжановна</b>	- председатель ГУП «Фан ва тараккиёт» Таш ГТУ, д.т.н., профессор
<b>Бойдодаев Мурод Бойдода угли</b>	- Наманганский инженерно-строительный институт, Зав. кафедра «Машиностроение транспортных средств» PhD

## ФТОРИДНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ

Т.О. Камолов, М.Г. Бекмуратова, Н.Ш. Рахматова, А.Н. Бозоров, Э.И. Турапов

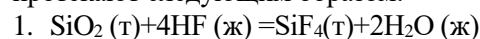
**Введение.** В настоящее время проблемы, связанные с накоплением золошлаковых отходов, становятся все более актуальными, поскольку к 2022 г. на территории Узбекистана их накоплено порядка более 12 млн т.

Проблемы утилизации золошлаковых отходов и пути их решения широко рассмотрены в работах [1, 2, 4, 5, 6]. В настоящее время отсутствуют эффективные и экономически приемлемые способы переработки зол экибастузских углей, что вызывает потребность в проведении исследовательских работ в этой области.

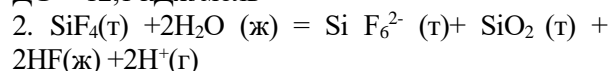
Состав золы был изучен в предыдущих работах [3, 7]. Химический анализ показал, что зола на 94 % состоит из оксидов алюминия, кремния и железа, остальное - это содержащиеся в золе оксиды микроэлементов. Высокое содержание диоксида кремния, оксида алюминия, редких и редкоземельных элементов в золе позволяет рассматривать ее в качестве перспективного техногенного сырья для вторичной переработки. Рентгенофазовый анализ золы показал наличие в ней пяти основных фаз: аморфный диоксид кремния, а-кварц, муллит, гематит и магнетит. Наличие муллита в золе делает неэффективным применение традиционных способов переработки алюмосиликатных материалов из-за его высокой стойкости к химическому воздействию. Исходя из состава золы можно предположить, что применение фторидной технологии позволит избежать этих трудностей за счет высокой реакционной способности фторсодержащих агентов и ряд ценных продуктов. Предварительный переработки позволяет определить наиболее возможные продукты. Нами рассчитаны термодинамические характеристики протекающих процессов.

**Объект и методики исследования.** Исходя из химического состава золы реакции

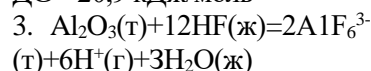
выщелачивания кремния и алюминия при обработке растворами фтористоводородной кислоты протекают следующим образом:



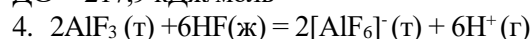
$$\Delta G = -12,1 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta G = -20,9 \text{ кДж/моль}$$

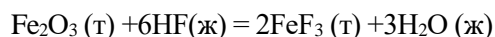


$$\Delta G = -217,9 \text{ кДж/моль}$$

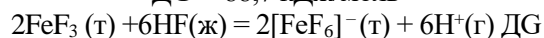


$$\Delta G = 5,0 \text{ кДж/моль}$$

Значения изобарно-изотермических потенциалов показывают, что вероятно образование фторидных комплексов алюминия и кремния вследствие их высокой термодинамической устойчивости. А образование фторидных комплексов железа при стандартных условиях не происходит, что показывают значения энергии Гиббса реакций образования.



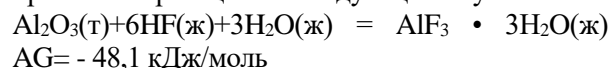
$$\Delta G = -88,7 \text{ кДж/моль}$$



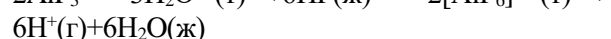
$$\Delta G = 33,1 \text{ кДж/моль}$$

Это, по-видимому, связано с невысокой устойчивостью фторидного комплекса железа в разбавленных растворах плавиковой кислоты [8].

Фторидной кислотой алюминий может образовывать два типа соединений  $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{AlF}_3$ , из которых термодинамически более вероятно образование  $\text{AlF}_3$ , который не растворяется в плавиковой кислоте. Однако, при повышении температуры энергия Гиббса реакции образования  $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  увеличивается, поэтому термодинамически более вероятно протекание реакции по следующим ступеням:

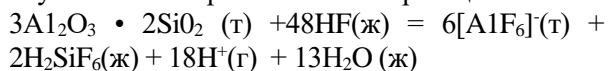


$$\Delta G = -48,1 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta G = -164,8 \text{ кДж/моль}$$

Исходя из данных рентгенофазового анализа наличие в золе фазы муллита обуславливает протекание иной реакции:



$$\Delta G = -722,2 \text{ кДж/моль}$$

При растворении муллита образуются фторидные комплексы алюминия и кремния, а высокое значение энергии Гиббса протекающей

реакции указывает на самопроизвольность процесса.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Присутствующие в золе другие элементы в процессе взаимодействия с растворами плавиковой кислоты образуют большей частью нерастворимые фториды, что доказывают проведенные термодинамические расчеты.

Энергия Гиббса реакций образования фторидов микроэлементов в табл. 1.

Таблица 1

Протекающая реакция	ΔG, кДж/моль
$\text{BaO}(\text{т}) + 2\text{HF}(\text{ж}) = \text{BaF}_2(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-315,73
$\text{La}_2\text{O}_3(\text{т}) + 6\text{HF}(\text{ж}) = 2\text{LaF}_3(\text{т}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-751,63
$\text{SrO}(\text{т}) + 2\text{HF}(\text{ж}) = \text{SrF}_2(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-295,41
$\text{TiO}_2(\text{т}) + 4\text{HF}(\text{ж}) = \text{TiF}_4(\text{т}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-125,13
$\text{MgO}(\text{т}) + 2\text{HF}(\text{ж}) = \text{MgF}_2(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-175,63
$\text{Ca}_2\text{O}_3(\text{т}) + 6\text{HF}(\text{ж}) = 2\text{CaF}_3(\text{т}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-98,96
$\text{ZrO}_2(\text{т}) + 4\text{HF}(\text{ж}) = \text{ZrF}_4(\text{т}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-129,68
$\text{CuO}(\text{т}) + 2\text{HF}(\text{ж}) = \text{CuF}_2(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-67,46
$\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + 2\text{HF}(\text{ж}) = 2\text{NaF}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-453,93
$\text{K}_2\text{O}(\text{т}) + 2\text{HF}(\text{ж}) = 2\text{KF}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-441,56
$2\text{MnO}_2(\text{т}) + 8\text{HF}(\text{ж}) = 2\text{MnF}_2(\text{т}) + \text{O}_2(\text{г}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-81,56
$\text{CaO}(\text{т}) + 2\text{HF}(\text{ж}) = \text{CaF}_2(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж})$	-253,52

Высокие отрицательные значения энергии Гиббса, полученные в термодинамических расчетах, указывают на самопроизвольность протекания процесса выщелачивания алюминия, кремния и железа при обработке растворами фтористоводородной кислоты. В этом процессе также возможно концентрирование редких и редкоземельных элементов в образующемся шламе.

Таким образом, проведенные термодинамические расчеты показывают эффективность применения фтористоводородной кислоты в качестве выщелачивающего агента.

Экспериментальное изучение основных закономерностей выщелачивания алюминия, кремния и железа проводили в термостатируемой полипропиленовой ячейке, при механическом перемешивании анализ проводили согласно [9, 10, 11].

Экспериментально установлено: при обработке концентрированным раствором плавиковой кислоты при увеличении соотношения твердой и жидкой фаз от 1:2 до 1:8 степень извлечения возрастает, что, по-видимому, связано с постепенным понижением вязкости пульпы. Полученные результаты показаны на рис. 1.

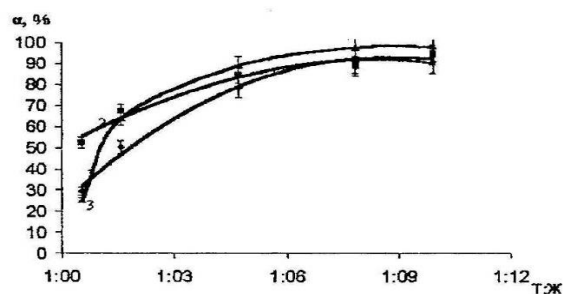


Рис. 1. Зависимость степени извлечения макрокомпонентов от соотношения Т:Ж. 1 - для Al, 2 - для Fe, 3 - для Si

В табл. 2 представлены данные зависимости потери массы навески золы от времени обработки при соотношении Т:Ж 1:10. Из табл. 2 видно, что процесс характеризуется высокой начальной скоростью извлечения. Основная часть макрокомпонентов извлекается из золы за 5-10 мин., после чего время обработки до 2 ч практически не влияет на степень извлечения.

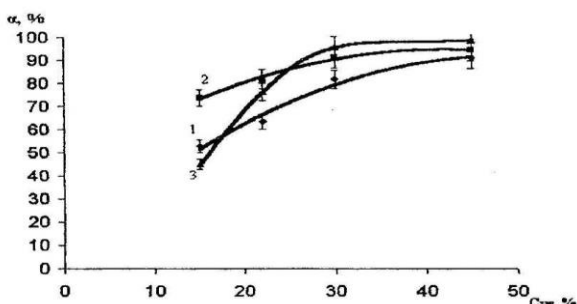


Рис. 2. Зависимость степени извлечения «макрокомпонентов» от концентрации раствора HF: 1 - для Al, 2 - для Fe, 3 - для Si.

Влияние концентрации фтористоводородной кислоты изучалось в интервале от 15 до 45 % при соотношении Т:Ж =

1:10. Установлено, что наибольшую степень извлечения обеспечивает концентрированная фтористоводородная кислота (45 %) (табл. 3).

Таблица 2

Извлечение макрокомпонентов из золы при различном времени обработки; Т:Ж = 1:10, т(навески)=10 г

Потеря массы, %	Т, мин						
	1	2	5	10	30	60	120
Б 45%-м растворе	21	56	85	84	85	84	84
В 30%-м растворе	10	27	54	54	53	54	54

Таблица 3

Влияние концентрации фтористоводородной кислоты на степень извлечения алюминия и железа при Т:Ж = 1:10, т (навески) = 10 г

Степень извлечения, %	Концентрация кислоты HF, %			
	45	30	22	15
Al, %	91,0	81,7	63,4	52,9
Fe, %	94,4	91,3	81,8	73,7
Si, %	98,5	98,2	76,3	45,1

Из приведенных данных видно, что при обработке золы растворами фтористоводородной кислоты происходит перевод алюминия, кремния и железа в раствор с достаточно высокой степенью извлечения.

**Заключение.** Таким образом, подтверждение термодинамических расчетов экспериментальными данными показывает перспективность применения фторидной переработки золы. Это обеспечит высокую

эффективность при получении широкого спектра продуктов для различных областей промышленности. Дальнейший, более глубокий термодинамический анализ и экспериментальное изучение процесса фторидной переработки золы позволит прогнозировать механизмы реакций с учетом дисперсности золы, а также обеспечить оптимизацию процесса и построение кинетической и термодинамической модели выщелачивания.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Шарипов Х.Т., Камолов Т.О., Борбат В.Ф. Утилизация золошлаковых отходов ТЭС с выделением микро- и макрокомпонентов // Изд. «Мухаррир», Ташкент-2012, 208с
2. Борбат В.Ф., Михайлов Ю.Л., Адеева Л.Н. Комплексная переработка золы-уноса экибастузского угля как нового источника сырья редких, редкоземельных металлов // Тез. докл. междунар. науч. конф. «Металлургия XXI века - шаг в будущее». Красноярск, 1998. С. 204.
3. Борбат В.Ф., Михайлов Ю.Л., Адеева Л.Н. и др. Исследование возможности обогащения золы- уноса ТЭЦ по редким и цветным металлам для их последующего извлечения // Химия и химическая технология. 1999. Т. 42. Вып. 5. С. 86-90.
4. Борбат В.Ф., Михайлов Ю.Л., Голованова О.А. Термодинамическое прогнозирование форм нахождения микроэлементов в золе экибастузских углей // Вестн. Ом. ун-та. 2000. Вып. 2. С. 42-44.
5. Гужелев Э.П., Усманский К). Т. Рациональное применение золы ТЭЦ: Результаты научно-практических исследований. Омск: Омск. гос. ун-т, 1998. С. 238.
6. Лайнер Ю.А. Комплексная переработка алюминийсодержащего сырья кислотными способами. М.: Наука, 1982. С. 208.
7. Нуркеев С. С. Золошлаки экибастузских углей - перспективное сырье для производства сульфата алюминия // Тр. Урал, науч.-исслед. хим. ин-та, 1988. № 65. С. 81-84.
8. Исикава Н. Фтор: химия и применение. М.: Мир, 1982.
9. Киселева Е.К. Анализ фторсодержащих соединений. М.; Л.: Химия, 1966. С. 219.
10. Мышляева Л.В., Краснощеков В.В. Аналитическая химия кремния. М.: Наука, 1972. С. 210.
11. Тихонов В.Н. Аналитическая химия кремния. М.: Наука, 1971. С. 266.

## 3. Разработка и технология получения композиционных материалов

С.С. Негматов, К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, С.У. Султанов, У.Қ. Қобилов, Х.Ю. Рахимов, М.А. Бабаханова, А.Ш. Насридинов, М.М. Машарипова. Разработка эффективных составов машиностроительных антикоррозионных композиционных полимерных материалов и покрытий на основе местного сырья и промышленных отходов.....	93
Ж.М. Бекпулатов, М.М. Якубов, Х. Ахмедов, Б. Садуллаев, А. Нормуродов. Современные способы интенсификации цианирования золотосодержащих руд.....	96
Ф.Р. Норхужаев, Ж.М. Усмонов. Иккиламчи алюминий чиқиндисини механик майдалашда технологик кўраткичларни кукунининг гранулометрик таркибига таъсири.....	98
А.М. Эминов, И.Р. Бойжанов, Дж.С. Джабберганов. Исследование глины кулатауского месторождения как легкоплавкая флюсующая добавка в составе керамики.....	101
A. Yusupov, A.V. Umarov, D.K. Dzhumabaev. Development and study of the properties of a composition based on the composition $Cu_2ZnSnS_4$ and polycrystalline silicon.....	104
Ю.С. Юсупова, Ш.М. Шакиров. Графит ва углеграфит-кремний асосли композицион материаллар.....	107
Ф.Р. Норхужаев, Ж.М. Усмонов. Шарли тегирмонда иккиламчи алюминий чиқиндисидан кукун олиш жараёнида алюминий кукун таркибидаги алюминий оксидининг микдорини бошқариш.....	109
M.S. Xudayberganov, F.G. Rahmatkarieva. Mahalliy xom ashyolardan modifikatsiyalab olingan mikrog'ovakli adsorbentlarda suv bug'i adsorbsiyasi.....	111
T.O. Kamolov, X.T. Sharipov, F.A. Nurxanov, F.S. Axmedova, A.N. Bozorov, A.P. Saфарov. Исследование и разработка технологии получения железа из отходов металлургического производства.....	113
С.А. Ахмаджанов, А.М. Искендеров, Э.У. Тешабаева. Технология получения и модификации монтмориллонита.....	117
E.A. Egamberdiyev, Y.T. Ergashev, X.N. Xaydullayev, D.A. Xusanov, G'R. Rahmonberdiyev. Bazalt tolasi ishtirokida qog'oz namunalari olish va xitozan tabiiy yelimini qog'oz sifatiga ta'sirini o'rganish.....	121
Б.М. Сайдумаров, Т.Н. Ибодуллаев. Современные технологии производства прокатки листа.....	124
S.O. Ramazanov, M.X. Arifova. «Yolg'izbuloq» ohaktoshi asosida portlandsement olish texnologiyasi.....	127
Ш.И. Мамаев, А.С. Ибадуллаев, З.Г. Мухамедова, Д.И. Нигматова. Магистрал тепловозларнинг тортув узатмаларидаги тортув моторлари тебранишини сўндирувчи элементни тайёрлаш учун композицион материаллар яратиш.....	130
J.A. Sherbo'tayev. Metallkompozitsion uglerodli po'latlardan quyib olingan quyma detallarning tarkibi va xossalari.....	134
С.И. Соипов, А.Н. Ризаев. Махаллий хом ашё асосида композицион релс суртмасини олиш ва синовдан ўтказиш....	138
Т.С. Халимжонов, С.Н. Асатов. Получение компактных крупногабаритных молибденовых заготовок методом гидростатического прессования.....	141
К.С. Негматова, Ш.Н. Жалилов, Р.Х. Пирматов, С.С. Негматов, Н.С. Абед, Д.К. Холмурадова, Р.Х. Солиев, М.Э. Икрамова, Д.Н. Ходжаева, М.Б. Бойдодаев. Исследование процесса отверждения модифицированной с реакционноспособными соединениями мочевиноформальдегидной смолы и определение их оптимальных режимов отверждения.....	143
T.O. Kamolov, M.G. Bekmuratova, N.Sh. Rahmatova, A.N. Bozorov, E.I. Turapov. Фторидная переработка золошлаковых отходов ТЭЦ.....	147

## 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Е.И. Руклинская, М.М. Якубов. Использование техногенных отходов АО «Алмалыкский ГМК» в качестве сырья и восстановителя.....	150
G.Sh. Juraeva. Yuk avtomobillari uchun g'ildirak disklerini ishlab chiqarishda kompozit materiallarning qo'llanilishi.....	153
И.Р. Бойжанов, А.А. Мухамедбаев, С.Қ. Дўсчанов, Х.Ф. Машарипова, Ф.У. Тухтаназаров. Известняк учукасского месторождения – новое сырье для производства вяжущих материалов.....	155
Д.М. Хуррамова, М.Г. Хуррамов, Ш.А. Ганиева, З.Ш. Назиров, С.М. Хуррамова. Ресурсосберегающий первичный способ обогащения кислородом недостаточно очищенных стоков.....	158
Л.К. Уббиниязова, Г.Ж. Оразимбетова, А.Г. Нимчик, А.М. Кудайбергенова. Бурый железняк худжакульского участка в качестве минерализующей добавки при производстве портландцементного клинкера.....	161
Н.Н. Мирзаев, Р.К. Хамраев. Латуннинг хоссалари ва ишлаб чиқаришдаги афзалликлари.....	164
А.А. Абдумажидов, А.А. Миратаев, И.А.Набиева. Қоғоз саноатидаги иккиламчи толали ресурслар сифат кўрсаткичларига уларни қайта ишлаш жараён омилларининг таъсирини ўрганиш.....	167
Н.А. Исахожаева, З.М. Ахмедова. Исследование и выбор компонентов одежды для особой категории больных.....	170
Ш.Б. Холиёров, М.А. Жамолов, М.С. Юсуфов, А.К. Абдушукуров, Т.С. Холиқов, А.Д. Матчанов. Очистка отхода, выделенного из сепаратора-6401 шуртанского газохимического комплекса.....	173
Э.Э. Умурзаков, А.К. Сативалдиев, Ш.А. Сулаймонов. Роль фосфатирования металла в автомобильной промышленности.....	176
С.Т. Содиков. К вопросу перспектив обнаружения ртутных месторождений на территории республики Узбекистан...	179
А.Х. Аликулов, Ф.Р. Норхужаев, Д.А. Жалилова. Материалы, используемые в электродах, для точечной сварки...	182
Д.Ф. Ганиева, М.Б. Маматкулова, Р.М. Давлатов. Эффективность применения композиционного полимерного материала при модификации шерстяных волокон.....	184
B.R. Voxidov, A.S. Xasanov. Texnogen xomashyolardan platinoidlarni ajratib olish texnologiyasini yaratish.....	188
Sh.M. Munosibov, U.N. Fayazov. Oltinugurt oksidli oqova gazlardan gips olish imkoniyatlari.....	192
Ш.А. Аликобилов, Р.Х. Пирматов, Ё.С. Раджабов, Т.О. Камолов, Т.У. Улмасов, К.С. Негматова, Р.Х. Солиев, М.Б. Мухитдинов. Применение композиционных полимерных материалов в формах для повышения эффективности производства железобетонных строительных конструкций.....	195