

Схема лабораторной установки газификации сброженного остатка представлена на рис. 1.

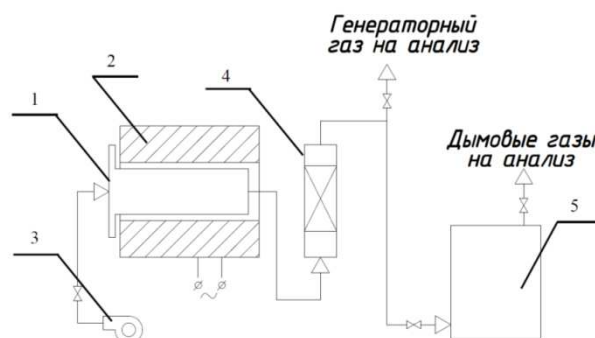


Рис. 1. Схема газификационной установки:

1 – реактор; 2 – высокотемпературная печь; 3 – газодувка; 4 – фильтр для очистки газа;  
5 – водогрейный котел

Реактор, в котором осуществляли процесс газификации, представляет собой цилиндрическую металлическую емкость  $V = 4 \text{ дм}^3$  с герметично завинчивающейся крышкой. Пробы сброженного остатка  $m=600-1000 \text{ г}$  помещали в реактор, куда при  $T=800-1000 \text{ }^\circ\text{C}$  подавали воздух. При протекании процесса контролировали состав выделяющегося газа и состав продуктов его сжигания. Для этого использовали хроматограф «Цвет-800» и портативный переносной газоанализатор дымовых газов ПЭМ-4М, состоящим из блока анализатора и пробоотборного зонда.

#### Результаты и обсуждение

Установлено, что при анаэробном сбраживании избыточного активного ила, концентрация метана в биогазе составляет до 85-90 %об. Это является одним из наиболее высоких выходов метана из органических веществ при сбраживании.

Получаемый после газификации зольный остаток не содержит недожога углерода, то есть все органические вещества полностью переходят в газ. Это является одним из главных преимуществ предлагаемой технологии.

#### Выводы

Проведенные исследования показали состоятельность предлагаемой технологии в лабораторных условиях. Разработанная установка позволяет провести процесс газификации с контролем всех параметров процесса и непрерывным анализом выделяющихся газообразных продуктов.

#### Литература.

1. Ушаков А.Г. Утилизация обезвоженного избыточного активного ила с получением топливных гранул // Вест. Кузбасс. гос. технич. ун-та. – 2010. – № 5. – С. 110-112.
2. Веденев А.Г., Веденева Т.А., ОФ «Флюид», Биогазовые технологии в Кыргызской Республике. – Б. Типография «Евро», 2006. – 90с.
3. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ПРОТЕКАНИЯ РЕАКЦИИ ДЛЯ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АСТРА - 4

А.Ю. Мясников студент гр. 8НТК-61, А В. Собачкин к.т.н. с.н.с., М.С.Канапинов аспирант.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова  
656038, г. Барнаул, пр. Ленина 46, тел. 8-983-107-70-50.

E-mail: [anicpt@rambler.ru](mailto:anicpt@rambler.ru).

**Аннотация:** Работа посвящена исследованию установление возможности протекания реакции элементов на основе оксида железа. По результатам моделирования в программном комплексе Астра - 4 получены показатели, при которых возможно протекание реакции  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al} + \text{Cr} = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe} + \text{Cr}$  а также данные температуры (2430 К) и наибольшей внутренней энергией S (4076,2 кДж/(кг\*К)).

**Abstract:** The study was devoted to establishing the possibility of reaction elements on the basis of iron oxide. The results of the simulations in the software package Astra - 4 the obtained values allow the

reaction  $Fe_2O_3 + Al + Cr = Al_2O_3 + Fe + Cr$  and the temperature data (2430) and the greatest internal energy  $S$  (4076,2 kJ/(kg\*K)). ??

Чистая вода является важным аспектом жизнедеятельности человека. Очистка воды это сложный технологический процесс, в котором используется большое количество приспособлений, таких как очистные сооружения, фильтры, аэраторы и т.д. Для улучшения процесса очистки применяют аэраторы [1]. Аэратор это **устройство в виде сегчатого фильтра, которое предназначено для насыщения воды кислородом воздуха и перемешивания водных слоев, забираемого из атмосферы и под давлением подаваемого в аэрационный бассейн по магистральным и распределительным трубопроводам и каналам** [1].

Для осуществления процесса аэрации необходимо применение фильтра, который должен обладать следующими свойствами: прочность, коррозионная стойкость, высокие теплообменные свойства, ударостойкость, стойкость к перепадам температур [2]. Для получения таких фильтров необходимо применение сложных многоступенчатых технологий.

Решением может стать фильтр, полученный методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) с предварительной механической активацией. Механическая активация заключается в механостимулировании реакционной смеси в течение некоторого времени при определенной нагрузке в планетарной шаровой мельнице. Метод СВС состоит в сжигании механостимулированного порошка в лабораторной печи [3, 4].

На основе анализа технической и патентной литературы [5,6] для изготовления фильтров, обладающих необходимыми характеристиками, используется смесь оксида железа ( $Fe_2O_3$ ) с алюминием. Также в соответствии с анализом литературы [7] в реакционную смесь добавляют Cr, т.к. он способствует более равномерному распределению компонентов в структуре каркаса, выравниванию микротвердости по всей площади, а также гомогенизации конечного продукта.

Для установления возможности проведения реакций в порошковой смеси  $Fe_2O_3 + Al$  и  $Fe_2O_3 + Al + Cr$  в режиме СВС использован программный комплекс Астра-4,0, моделирующий протекание реакции и показывающий температуру, при которой произойдет реакция, а также энергию активации, содержание компонентов и т.д.

Целью работы является установление возможности протекания реакции в порошковой смеси  $Fe_2O_3 + Al$  и  $Fe_2O_3 + Al + Cr$  в режиме СВС в программном комплексе Астра-4.

Для проведения моделирования в программном комплексе Астра - 4 задавали входные данные:

- 1-й состав в процентном соотношении по массе: варьировали от 5%  $Fe_2O_3 + 95\% Al$  до 95%  $Fe_2O_3 + 5\% Al$  с шагом 5 %;
- 2-й состав в процентном соотношении по массе: варьировали от 5%  $Fe_2O_3 + 10\% Cr + 85\% Al$  до 85%  $Fe_2O_3 + 10\% Cr + 5\% Al$  с шагом 5%;
3. атмосферное давление 0,1 МПа;
4. температуру начала реакции варьировали от 298 К до 4000 К.

В результате моделирования были получены данные, которые были проранжированы. Главным требованием к отбору результатов, полученных при моделировании реакции в программном комплексе Астра-4, была наибольшая внутренняя энергия  $S$  при минимальной температуре  $T$  проведения реакции.

Результаты моделирования представлены на рисунке 1 - 4.

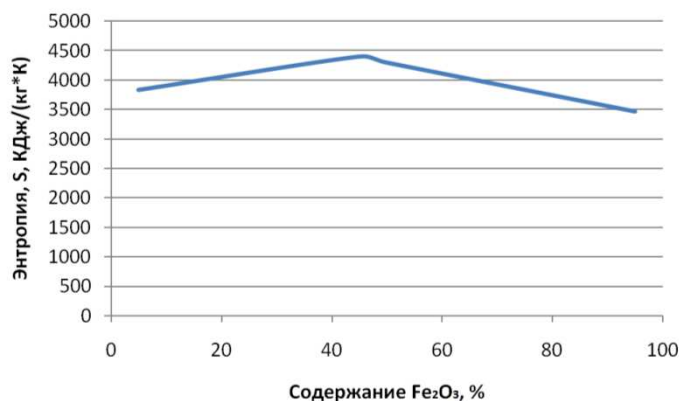


Рис. 1. Зависимость изменения энтропии по результатам моделирования реакции в смеси  $Fe_2O_3 + Al$

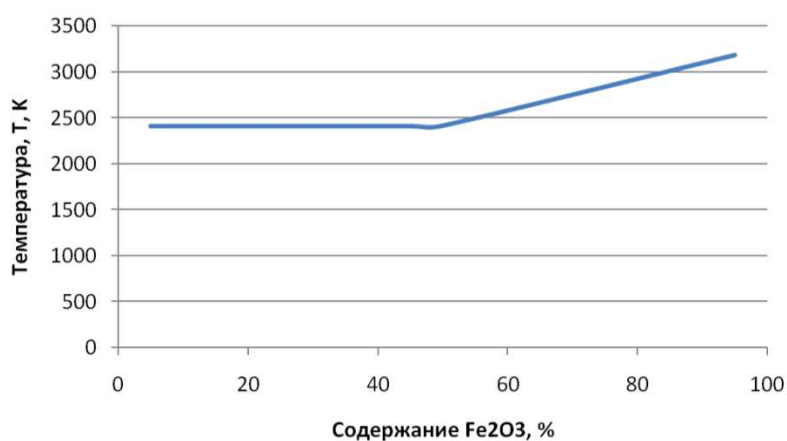


Рис. 2. Зависимость изменения температуры по результатам моделирования реакции в смеси  $Fe_2O_3 + Al$

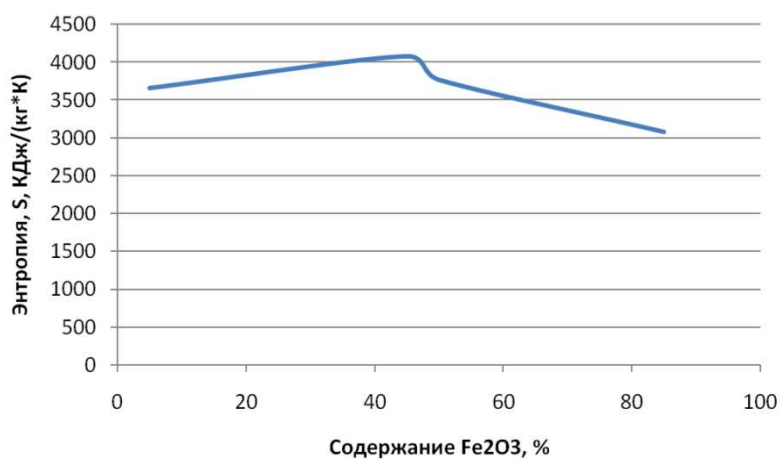


Рис. 3. Зависимость изменения энтропии по результатам моделирования реакции в смеси  $Fe_2O_3 + Cr + Al$

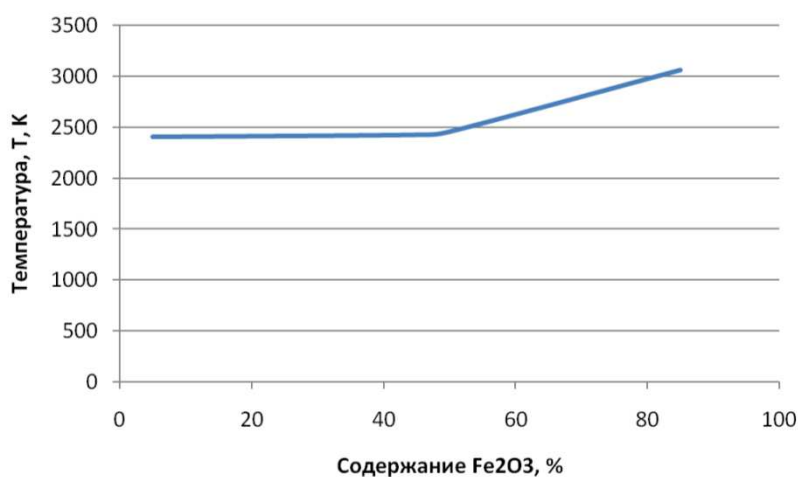


Рис. 4. Зависимость изменения температуры по результатам моделирования реакции в смеси  $Fe_2O_3 + Cr + Al$

В результате моделирования установлено, что наиболее рациональным является состав 45%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  + 55% Al, показатели протекания реакции которого представлены наибольшей внутренней энергией S (4399,1 кДж/(кг\*К)) при минимальной температуре T проведения реакции (2410 К). Вторым составом, отвечающим предъявляемым требованиям, является 45%  $\text{Fe}_2\text{O}$  + 10% Cr +45% Al (рисунки 5), показатели протекания реакции которого представлены наибольшей внутренней энергией S (4076,2 кДж/(кг\*К)) при минимальной температуре T проведения реакции (2430 К).

Характеристики равновесия - СИ					
P= 10000-00	T= 24300+04	U= 17643+01	S= 40762+01	I= 70194+03	
U= 551+03	M= 16472+02	Ср= 89041+00	k= 10888+01	Ср''=-59176+17	
k''=-37102+16	A= 43723+03	Mu= 21343-04	Lt= 25899-01	Lt''= 27527-01	
MM= 60707+02	Ср.г= 86919+00	k.г= 11757+01	MM.г= 64024+02	R.г= 12987+03	
Z= 44094+00	Пл= 00000-00	Vm= 40462-09			
Содержание компонентов - моль/кг					
O	33686-07	O2	12597-11	k*Al	17092-09
Al	11489+01	Al2	76558-02	Al02	13438-09
Al2O	74085+01	Al2O2	89593-04	k*Al2O3	34834+00
Al2O3	24895-10	k*Fe	54691+01	Fe	16672+00
k*FeO	00000-00	FeO	19987-06	FeO2	40739-13
k*Fe2O3	00000-00	k*Fe3O4	00000-00	k*Cr	19230+01
Cr2	84910-04	CrO	45025-04	CrO2	38009-08
k*CrO3	00000-00	CrO3	85354-15	Cr2O	47451-05
Cr2O2	38512-08	k*Cr2O3	00000-00	Cr2O3	78263-12
+1*O	00000-00	-1*O	10920-12	+1*O2	00000-00
-1*O2	97483-19	+1*Al	17355-04	-1*AlO	10671-04
-1*AlO2	17197-10	+1*Fe	27441-08	+1*Cr	79944-06
-1*CrO3	41119-16	эл.газ	74857-05		

Рис.5. Результаты моделирования протекания реакции в смеси 45%  $\text{Fe}_2\text{O}$  + 10% Cr +45% Al в программном комплексе Астра - 4

Наиболее подходящим является составом 45%  $\text{Fe}_2\text{O}$  + 10% Cr +45% Al, т.к. введение в состав Cr способствует получению гомогенной структуры.

На основе выше изложенного можно сделать выводы

При моделировании установлено, что наиболее рациональным для азуратора является фильтр на основе оксида железа следующего предлагаемого состава 45%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  + 45% Al+ Cr (масс. %). Условия протекания реакции между указанными компонентами представлены наибольшей внутренней энергией S (4076,2 кДж/(кг\*К)) при минимальной температуре T проведения реакции (2430 К).

Литература.

1. Основные способы очистки сточных вод [электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.baurum.ru/\\_library/?cat=sewage\\_settlements&id=150](http://www.baurum.ru/_library/?cat=sewage_settlements&id=150).
2. Аэрация сточных вод [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5433332>.
3. Евстигнеев В. В., Вольпе Б. М., Милюкова И. В., Сайгутин Г. В. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. М. : Высшая школа, 1996. 284 с.
4. Sobachkin A.V., Sitnikov A.A., Yakovlev V.I. Application of self-propagating high-temperature synthesis and mechanoactivating treatment for producing multi-component composite alloying materials // Applied Mechanics and Materials. 2013. Т. 379. С. 173-177.
5. **Устройство для фильтрации воды и способ его изготовления (варианты)** [Текст]: пат 2406557 Рос. Федерация: МПК В01D39/20 Джума К.; заявитель и патентообладатель US, ЗЮД-Хеми Хай-Тек Керамикс Инк. - № 2008112983/05; заявл. 04.09.2006; опубл. 20.12.2010. - 6 с: ил.
6. **Композиционный фильтрующий материал** [Текст]: пат 2176926 Рос. Федерация: МПК В01D39/ 06 Палм С.К.; заявитель и патентообладатель US, Эдвансд Минералс Корпорейшн. - № 98117334/12; заявл. 17.06.1996; опубл. 20.12.2001.- 5 с: ил.
7. Евстигнеев, В.В. Пористые проницаемые материалы в системе оксиды железа - оксиды кремния - алюминий / В.В. Евстигнеев, В.И. Пролубников, Н.П. Тубалов// Перспективные материалы. - 2006. - №2. - С. 48-49.