

## ЗАМАЗУЧЕННЫЙ ШЛАМ ХИМВОДООЧИСТКИ – ВТОРИЧНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЕСУРС НА ОБЪЕКТАХ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Л.А. НИКОЛАЕВА, Д.А. ХАМЗИНА

Казанский государственный энергетический университет

*Рассматривается метод утилизации вторичного энергетического ресурса – замазученного шлама химводоочистки. Экспериментально определены зольность, теплота сгорания замазученного шлама. Предложены технологии для эффективного сжигания замазученного шлама на объектах малой энергетики.*

*Ключевые слова: вторичный энергетический ресурс, замазученный шлам химводоочистки, элементный состав, теплота сгорания замазученного шлама.*

На все технологические процессы расходуется определенное количество топлива, электрической и тепловой энергии. Кроме того, сами технологические процессы протекают с выделением различных энергетических ресурсов – теплоносителей, горючих продуктов, газов и жидкостей с избыточным давлением.

В процессе предварительной очистки воды на ТЭС образуется шлам химводоочистки – это сырая устойчивая природная смесь определенного химического состава, которая зависит от состава исходной воды.

В работе [1] на основе шлама химводоочистки разработан гидрофобный сорбент для очистки поверхностных водных источников от нефтяных разливов - сорбционный материал (СМ-6). Сорбент получается модифицированием порошкообразного шлама химводоочистки (влажность шлама  $W = 3\%$ , размер фракции частиц  $r = 0,01 \div 0,05$  мм) 100%-й кремнийорганической жидкостью «Силор» при объемном соотношении жидкой и твердой фаз 1:5 (смеси шлама). Термообработка проводится при  $150^\circ\text{C}$  в течение определенного времени до установления постоянной массы.

При оценке эффективности шлама как сорбента нефтепродуктов экспериментально были определены его нефтеемкость, влагоемкость и плавучесть. Нефтеемкость по отношению к нефти Шийского месторождения –  $0,95$  г/г., прочность на истирание –  $68\%$ , суммарный объем пор –  $0,57$  см<sup>3</sup>/г., плавучесть –  $98\%$ , влагоемкость –  $0,9\%$ , насыпная плотность –  $0,54$  г/см<sup>3</sup>.

Для определения эффективности очистки водной поверхности от разливов нефти «СМ-6» проведен эксперимент по удалению нефтяного пятна площадью  $38,5$  см<sup>2</sup> и толщиной  $0,5$  мм. Для удаления НП был израсходован  $0,1$  г «СМ-6». При этом, насыщенный сорбент полностью остается на поверхности и легко собирается специальными устройствами. Как правило, нефтяное загрязнение локализуется на поверхности водного объекта с помощью плавающих бонов. В эту область распыляется сорбент. Поглощение нефти и нефтепродуктов гидрофобным сорбентом не сводится только к поверхностной сорбции. Этот процесс в реальных условиях доминирует при очистке поверхности водоемов от мономолекулярных пленок поллютанта. При контакте твердых олеофильных частиц гидрофобного шлама с тонкой пленкой нефти вокруг них образуются мицеллы, взаимодействующие между собой с образованием своеобразной сетчатой структуры. Это приводит к значительному увеличению вязкости суспензии в целом, и при больших концентрациях наблюдается образование плотных конгломератов.

Гидрофобный шламовый сорбент играет роль вещества – сгустителя и приводит к уменьшению площади пятна нефти. Концентрация гидрофобного сорбента строго дозируется, так как при больших концентрациях может происходить потопление нефтепродуктов, что недопустимо из-за высокого экологического риска. Распыление порошкообразного гидрофобного сорбента на основе шлама для очистки поверхности водных объектов от загрязнения предлагается использовать распылитель типа РС – Р.1. Распылитель сорбента состоит из бункера, куда помещается сыпучий материал; двигателя с воздуходувной трубой; рукава; специального бункера с двигателем, выполняющего функцию всасывающей трубки. Вместимость бункера – 2–2,5 кг, производительность до 60 м<sup>3</sup>/ч. Сбор отработанной смеси сорбента с нефтью может производиться при помощи нефтесборника типа НП–2. Производительность определяется установленным насосом. С берегом соединяется рукавом. Конструкция позволяет устанавливать насос до 50 м<sup>3</sup>/ч или работать с береговым насосом производительностью до 90 м<sup>3</sup>/ч.

Для проведения экологической экспертизы технологии очистки поверхностных вод от нефтяных разливов новым гидрофобным сорбентом проведен экспресс-контроль качества воды на острую летальную токсичность культуры гуппи вида *Poecillia reticulata* Pet. и ракообразных *Daphnia magna* Str. Эксперимент проводили в соответствии с методикой [2], основанной на установлении различия между количеством погибших особей в анализируемой пробе (опыт) и воде, которая не содержит токсичных веществ.

На основании проведенного биотестирования установлено, что водная вытяжка замазученного шлама не оказывает острого токсичного действия на рыб вида *Poecillia reticulata* Pet. и ракообразных *Daphnia magna* Str. Полученные результаты подтверждают, что сорбент является практически неопасным и относится к V классу опасности для окружающей среды.

Проведен элементный анализ пробы образца замазученного шлама на содержание С,Н,N,S рентгенофлуоресцентным анализом, который показал содержание: углерода – 29,01 % (масс), водорода – 12,27 % (масс), азота – 0,18 % (масс) и серы – следы. Была также измерена зольность замазученного шлама, она составила 31,5%.

Для аналитических расчетов низшей теплоты сгорания, кДж/кг, всех видов твердых топлив использована формула Менделеева:

$$Q_H^P = 339,13 \times C\%^P + 1029,95 \times \%H^P - 108,86 \times (\%O^P - S\%^P) - 25,12 \times \%W^P, \quad (1)$$

$$Q_H^P = 339,13 \times 29,01 + 1029,95 \times 12,27 - 108,86 \times (9,17 - 0,1) - 25,12 \times 0,035.$$

Низшая теплота сгорания ( $Q_H^P$ ) замазученного шлама, определенная экспериментальным путем (колориметрическим методом) в лаборатории топлива и масел Казанской ТЭЦ-1, составила 22930 кДж/кг при расчетной влажности 3,5%. Для сравнения, низшая теплота сгорания Кузнецкого каменного угля 29288 кДж/кг. Это позволяет сделать вывод о том, что теплота сгорания образца замазученного шлама приближается к теплоте сгорания каменных углей.

В настоящей работе рассматривается возможность вторичной утилизации собранного замазученного сорбента в качестве вторичного энергетического ресурса на объектах малой энергетики [3].

Под ВЭР понимают энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся при технологических процессах в агрегатах

и установках, который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергосбережения других агрегатов (процессов). Термин “энергетический потенциал” здесь следует понимать в широком смысле, он означает наличие определённого запаса энергии – химически связанного тепла, физического тепла, потенциальной энергии избыточного давления и напора, кинетической энергии и др. Химически связанное тепло продуктов топливоперерабатывающих установок (нефтеперерабатывающих, газогенераторных, коксовальных, углеобогащительных и др.) к ВЭР не относятся.

В настоящее время существует множество технологий модернизации водогрейных котлов малой и средней мощности для сжигания твердого топлива, которое характеризуется низкими физико-химическими показателями.

Существуют технологии сжигания, которые способствуют более эффективному использованию твердого топлива с высокой зольностью.

ВЦКС (высокотемпературный циркулирующий кипящий слой) – это одно из развивающихся направлений сжигания твердого топлива в котлах теплоэнергетики. Эта технология проста в эксплуатации и позволяет расширить диапазон сжигаемого топлива, коммерчески выгодного в конкретной экономической ситуации.

Основным элементом технологии является узкая наклонная подвижная решетка, которая служит для распределения первичного воздуха (40–60%) и транспортировки шлака. Решетка расположена в зольном отделении котельной, что позволяет увеличить высоту топочной камеры, а следовательно объем, необходимый для улучшения циркуляции частиц топлива.

Топочная камера по высоте имеет разделительный трубный экран. За экраном находится осадительная камера, выполняющая роль «горячего» циклона для улавливания и осаждения частиц. Весь унос (до 1/3 от расхода топлива) возвращается на дожигание в активную зону горения топки, которая находится сразу за экраном. Благодаря этому возвращаемый унос не успевает остыть и имеет температуру около 700 °С.

Часть уноса, не уловленного в осадительной камере, улавливается в конвективных газоходах (с возвратом в топку) и далее – в прямоточном циклоне (улавливание грубых фракций золы). В качестве заключительной санитарной ступени очистки служат батарейные циклоны.

Вторичный воздух подается соударяющимися струями с боковых стен топки. Струи растекаются над решеткой, образуют «завесу» и, препятствуя быстрому выносу частиц топлива из топки, способствуют контакту частиц с раскаленным шлаком, что не только существенно снижает потери тепла с механическим недожогом, но и уменьшает массовый выброс летучей золы.

Топливо из бункера подается на разгонную плиту и, скатываясь по ней, попадает в активные зоны горения на решетку. Чаще всего котлы работают на рядовом угле, т.е. предварительная подготовка топлива (например, дробление) отсутствует. Поскольку решетка узкая, то при подаче топлива технология ВЦКС не требует пневмомеханических забрасывателей для равномерного распределения топлива по всей ее длине. Кипящий слой на узкой решетке сам равномерно распределяет и перемешивает подаваемое топливо [4].

В данной работе предлагается сжигать замазученный шлак по технологии ВЦКС. При использовании этой технологии можно сжигать практически любые твердые топлива: каменные и бурые угли, их отсева, древесные отходы.

Замазученный шлак в котлах с технологией ВЦКС может успешно сжигаться благодаря достаточной высоте топочного пространства и, соответственно,

достаточному времени пребывания выгорающих частиц. В слоевых котлах высота топочной камеры для этого недостаточна.

Таблица 1

Диапазон характеристик топлива, сжигаемого по технологии ВЦКС[4]:

Характеристики	Обозначение	Твердое топливо	Замазученный шлам
Теплотворная способность, ккал/кг	$Q^p_n$	7082 ÷ 3556	5480
Содержание золы, %	$A^p$	10,3 ÷ 36,7	31,5
Содержание влаги, %	$W^p$	8,0 ÷ 25,2	3,5
Содержание летучих, %	$V^e$	11,6 ÷ 40,0	39

Низкореакционные высокозольные угли не горят в слоевых котлах, так как куски топлива лежат на широкой решетке и находятся в инертной среде своих продуктов горения (CO<sub>2</sub>). В котлах с технологией ВЦКС замазученный шлам может находиться во взвешенном состоянии, где каждая частица топлива омыта свежим окислителем и он будет активно гореть.

Таблица 2

Сравниваемые эксплуатационные характеристики некоторых котлов (с технологией ВЦКС и слоевых[4]):

Тип котла	КВ-ТС-10		КЕ-10		КВ - ТС - 20	
	ВЦКС	слоевой	ВЦКС	слоевой	ВЦКС	слоевой
Топливо	смесь каменных углей		нерюнгринский каменный уголь		отсев угля черногорского	
Эксплуатационный кпд, %	83 - 86	70 - 76	85 - 87	73 - 76	84 - 87	72 - 77
Диапазон регулир.нагруз-ки, % от $D_{ном}$	20 -150	50 - 80	20 - 150	40 - 100	20- 150	50 -80
Выброс летучей золы, т г/м <sup>3</sup>	1,5 - 2	12 - 15	1,5 - 2	12 - 15	1,5 - 2	12 - 15
Выбросы оксидов азота $NO_x$ , мг/м <sup>3</sup>	150 - 200	300 - 400	200- 240	300 - 400	145 - 200	300 - 400

Таким образом, образующийся замазученный шлам может использоваться в качестве низкосортного твердого топлива для сжигания по технологии высокотемпературного кипящего слоя.

### Summary

*The method of recycling secondary energy resources - oil-contaminated sludge chemical water treatment. Experimentally determined ash content, calorific value of oil-contaminated sludge. The technology for efficient combustion of polluted sludge on small power plants.*

*Keywords: secondary energy resource, chemical water treatment oiled sludge, elemental composition, calorific value of oil-contaminated sludge.*

### Литература

1. Николаева Л.А., Голубчиков М.А. Влияние природы гидрофобизатора на сорбционную емкость шлама осветлителей ТЭС // Вода: химия и экология. 2011. № 10. С. 54-57.
2. РД 52.24.635-2002 Проведение наблюдений за токсическим загрязнением донных отложений в пресноводных экосистемах на основе биотестирования.
3. Николаева Л.А., Хамзина Д.А. Использование шлама ХВО в качестве добавки к твердому топливу на ТЭС / Тинчуринские чтения: материалы; под ред. Э.Ю. Абдуллазянова Казань: КГЭУ, 2012. Т. 2. С. 127.
4. Мишина К. И., генеральный директор ООО «Петрокотел-ВЦКС», г. Санкт-Петербург (доклад на конференции «Малые и средние ТЭЦ. Современные решения», 7-9 сентября 2005 г.).

*Поступила в редакцию*

*7 июня 2016 г.*

**Николаева Лариса Андреевна** – канд. хим. наук, доцент кафедры «Технология воды и топлива» (ТВТ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Тел.: 8-909-308-24-22. E-mail: larisani16@mail.ru.

**Хамзина Диана Айратовна** – аспирант 2 курса обучения кафедры «Технология воды и топлива» (ТВТ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Тел.: 8-965-597-95-71. E-mail: nofernini@mail.ru.