

# Новые возможности УТИЛИЗАЦИИ ШЛАМОВ ХИМИЧЕСКОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ на ТЭС

**В работе рассмотрена утилизация жидких отходов — шламов химической подготовки воды для теплоэлектростанций (ТЭС). Данные шламы образуются на стадии предварительной очистки воды, которая включает в себя осветление воды, а также снижение окисляемости, щелочности и частичное смягчение обрабатываемой воды.**

## Введение

**П**роблема утилизации и переработки отходов производства является актуальной и первостепенной задачей всех отечественных и зарубежных промышленных предприятий. По официальным данным не более 2% извлекаемого из недр сырья превращается в конечный продукт, оставшиеся 98% — это отходы.

В настоящее время шлам ХВО (химической водоочистки) ТЭС утилизируется как отход. Шламовые отходы накапливаются в поверхностных хранилищах, необорудованных средствами защиты окружающей среды от фильтрационных вод. В шламах не содержится высокотоксичных веществ, однако остаются проблемы со складированием данных отходов. При этом происходит отчуждение больших площадей, создается угроза их засоления, минерализации подземных вод прилегающих территорий и нарушения гидрoхимического режима близлежащих водоемов. Во многих развитых странах отказываются от хранения шламов в шламонакопителях, представляющих угрозу окружающей среде. На многих предприятиях сушка и сжигание шламов является одним из основных методов ликвидации отхода. Этот способ является экологически небезопасным, поскольку требуется очистка выбрасываемых газов от загрязняющих веществ. При этом расходуется значительное количество энергии, а проблема утилизации отхода

решается не полностью, поскольку остается минеральная часть осадка.

Анализ современной литературы показал, что в основном шлам ХВО ТЭС использовался в качестве сырья для получения сульфатсодержащих связующих веществ в строительной индустрии и в качестве минерального удобрения — в сельском хозяйстве [1-3]. Целью данной работы был поиск новых путей утилизации шлама ХВО ТЭС. Одним из них является использование шлама ХВО Казанской ТЭЦ-1 в качестве наполнителя в резиновых смесях на основе БНКС — 28 АМН (бутадиен-нитрильный синтетический каучук) и СКМС — 30 АРКМ — 15 (каучук бутадиен-α-метил-стирольный), СКТВЩ (синтетический силоксановый виниловый каучук (щелочной)).

В настоящее время наблюдается стремительный рост производства композитов, применения их в самых разных областях техники, успешное вытеснение ими многих традиционных материалов: металлов, керамики, стекла, древесины. Резина — классический полимерный композит. Развитие технологии полимерных материалов определялось научными исследованиями в области подбора новых и более дешевых наполнителей. Наполнители природного происхождения полностью вовлечены в производственные процессы получения резины, поэтому использование в качестве наполнителя природных отходов является перспективным направлением в развитии химии композиционных материалов. Шлам осветлителей ТЭС по химическому составу близок к мелу. Мел — один из наиболее экологически безопасных минеральных наполнителей (стоимость 1 т мела составляет 1440 рублей). В мировой практике мел широко применяется для наполнения резин [4].

**Л.А. Николаева,**  
к.х.н.,

**А.Г. Лаптев\*,**  
д.т.н., профессор,

**Е.Н. Бородай,**  
аспирант

Казанский  
государственный  
энергетический  
университет,  
кафедра  
«Технология воды  
и топлива»

\* Адрес для корреспонденции: [info@ingehim.ru](mailto:info@ingehim.ru)

## Результаты и их обсуждение

**В** экспериментальных лабораторных исследованиях использовали высушенный шлам ХВО Казанской ТЭЦ-1 (влажность  $W = 3\%$ ) следующего химического состава (табл. 1).

Шлам ХВО, как минеральный наполнитель, использовался в рецептурах силиконовых резиновых смесей [5]. Результаты испытания такой резины показали, что при введении шлама прочность на разрыв уменьшается в 3 раза, относительное удлинение изменяется незначительно, твердость по Шору возрастает. Эти силиконовые резины могут быть использованы как прокладочные и уплотнительные материалы при температуре от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+180^{\circ}\text{C}$ .

В настоящей работе шлам ХВО использовался в рецептурах технических резин на основе смесей БНКС – 28 АМН и СКСМ – 30 АРКМ – 15. Наполнители таких резин должны отвечать двум основным требованиям: они должны быть устойчивыми при всех условиях, в которых резина может работать, и, как правило, должны быть инертными к остальным составным частям смеси. В насто-

### Ключевые слова:

шлам,  
химическая  
водоочистка,  
ТЭС,  
утилизация,  
резины

ящее время минеральным наполнителем таких резин является каолин (стоимость 1 т каолина составляет 2400 рублей). Шлам осветлителей использовали в качестве инертного неактивного наполнителя благодаря ряду его ценных свойств: низкой стоимости, нетоксичности, отсутствию запаха, отсутствию кристаллизационной воды, легкости распределения частиц наполнителя в полимере, способности облегчать введение других ингредиентов в резину.

Шлам ХВО вводится в технические резины на стадиях приготовления резиновой смеси в смесителе совместно с другими компонентами. Резиновую смесь готовили согласно стандартной методике в соответствии с ГОСТ 970-75. Определение твердости проводилось на твердомере ТШМ – 2 [6]. Выходные данные представлены в табл. 2.

Результаты испытаний резин показали, что опытные резиновые смеси по прочностным характеристикам уступают контрольным смесям, наполненным каолином, а по стойкости и тепловому расширению аналогичны. Шлам не влияет на значение температурного предела хрупкости и незначительно снижает коэффициент морозостойкости. Уменьшение

**Таблица 1**

Процентный химический состав шлама ХВО ТЭЦ – 1

| Наименование  | CaO | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO | CuO  | NiO   | MnO <sub>2</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | PbO   | CdO   | HgO   |
|---------------|-----|--------------------------------|-----|------|-------|------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|
| Содержание, % | 87  | 0,44                           | 11  | 0,05 | 0,009 | 1,2              | 0,001                          | 0,002 | 0,268 | следы |

**Таблица 2**

Физико-механические показатели качества технических резин с различными наполнителями

| Минеральный наполнитель                              | БНКС – 28 АМН |       | СКСМ – 30 АРКМ – 15 |       |
|--|---------------|-------|---------------------|-------|
| 1. Каолин  | 50            | –     | 50                  | –     |
| 2. Шлам ХВО  | –             | 50    | –                   | 50    |
| Наименование показателей                             |               |       |                     |       |
| 1. Условия прочности, кг/см <sup>2</sup>             | 80,0          | 37,0  | 33,0                | 14,0  |
| 2. Относительное удлинение, %                        | 910           | 860   | 720                 | 480   |
| 3. Остаточное удлинение, %                           | 56            | 48    | 36                  | 24    |
| 4. Твердость по Шору, у.е.                           | 53            | 46    | 52                  | 47    |
| 5. Эластичность по отскоку, %                        | 26            | 27    | 39                  | 40    |
| 6. Сопротивление разрыву, кгс/см                     | 24            | 18    | 39                  | 8,6   |
| 7. Изменение после термостатирования (100°С, 24 ч):  |               |       |                     |       |
| – прочности, %                                       | -32,5         | -31,9 | -24,4               | -21,6 |
| – относительного удлинения, %                        | -42,8         | -48,6 | -22,2               | -35,4 |
| 8. Пластичность                                      | 0,32          | 0,36  | 0,52                | 0,54  |
| 9. Температурный предел хрупкости, °С                | -60           | -60   | -56                 | -58   |
| 10. Коэффициент морозостойкости при сжатии при -30°С | 0,36          | 0,32  | 0,54                | 0,50  |



прочности резины связано с неоднородным составом шлама при температуре изготовления резиновой смеси.

Использование шлама ХВО ТЭС в качестве минерального инертного наполнителя в резинотехнические смеси позволяет снизить затраты на его утилизацию, а предприятиям-изготовителям резиновых изделий – снизить себестоимость продукции за счет использования более дешевого сырья. Суммарный экономический эффект Казанской ТЭЦ-1 с учетом возврата денежных затрат на утилизацию шлама и средней прибыли составит 2 009 700 руб./год.

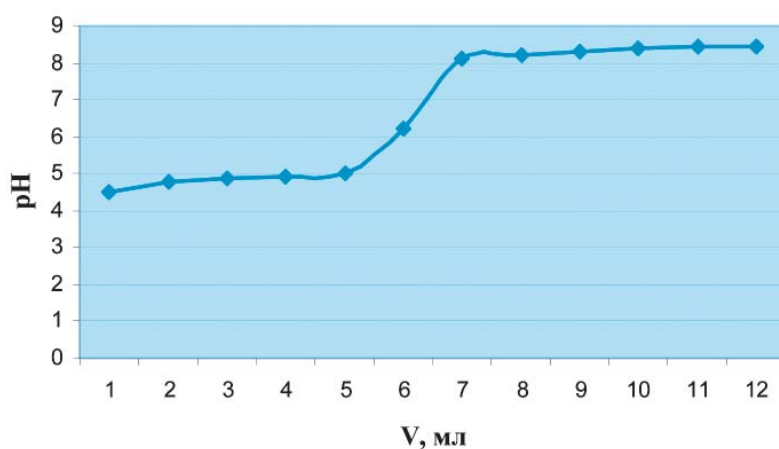
Химический состав шлама ХВО ТЭС позволяет использовать его и в качестве минерального удобрения. Водная среда шлама ХВО Казанской ТЭЦ-1 ( $\text{pH} = 9,7$ ) щелочная. В настоящей работе предлагается использовать его для нейтрализации кислых почв (в технологии этот процесс называется подщелачиванием). Почвы, обладающие кислотностью как в обменной, так и в гидролитической форме, широко распространены в умеренных поясах, а также в субтропических и тропических зонах. В Индии почвы с повышенной кислотностью составляют около 30% всех возделываемых площадей. Это ферраллитные почвы, подзолистые, болотные, сульфатные засоленные почвы. Большие площади занимают почвы с высокой кислотностью на востоке США, в Канаде, Южной Америке, в Западной Европе, в Западной и Центральной Африке, во многих странах Азии. В Великобритании нуждаются в подщелачивании 6,6 млн. га или 34% земель. В России почвы с повышенной кислотностью распространены в нечерноземной зоне и на Дальнем Востоке.

До 80 – 90% всех сельскохозяйственных угодий занято кислыми почвами в Ивановской, Тверской, Костромской, Смоленской, Ярославской и других областях. В Татарстане почвы с повышенной кислотностью преобладают в Лаишевском, Верхне-Услонском районах. Высокая кислотность почв неблагоприятна для развития культурных растений и способствует развитию процессов подзоливания. Поэтому подщелачивание как метод борьбы с кислотностью почвы применяется в сельском хозяйстве уже более 2 000 лет. Но на данный момент шлам ХВО не применяется ни в одном из регионов страны для подщелачивания.

Стоимость утилизации шлама – 290 руб. за тонну. Оптимальный интервал  $\text{pH}$  почвенной среды зависит не только от растворимости почвенных компонентов, но и от физиологических особенностей возделываемых культур. Поэтому при использовании шлама для подщелачивания необходимо провести мониторинг  $\text{pH}$  выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры. Все почвы обладают способностью поддерживать постоянное значение  $\text{pH}$  при введении различных компонентов извне. Это свойство почв определяется кислотно-основной буферностью.

В настоящей работе экспериментально установлена буферная емкость почвы Лаишевского района Татарстана (рис. 1). Для этого в почвенную смесь вносили суспензию шлама в объеме от 0 до 12 мл, после перемешивания измеряли  $\text{pH}$  смеси на  $\text{pH}$ -метре «Анион 4100». Полученные данные приведены в табл. 3.

Необходимо отметить, что приведенные результаты относительны, поскольку не принимались во внимание содержание и качественный состав гумуса, минеральный состав



**Рис.1.** Кривая зависимости буферности почвенной суспензии от добавляемого шлама