

*Ижанов Б.Д., Добаева Г.К., Абдурасулова А.И.*

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ШЛАМОВЫХ ОТХОДОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*B.D. Izhanov, G.K. Dobaeva, A.I. Abdurasulova*

### ECOLOGY AND ECONOMICS OF RECYCLING WASTE OF ENERGY COMPANIES SLURRY

УДК: 621.315.27(043)

*В статье рассматриваются экологические и экономические аспекты проблемы, которые возникают при утилизации шламовых отходов в энергетических предприятиях.*

*The article reviews the environmental and economic aspects of the problems that arise in the disposal of sludge waste in power plants.*

Одной из основных задач любой цивилизованной страны является обеспечение энергетической и экологической безопасности. Энергетическая безопасность страны в первую очередь определяется топливно-энергетическими ресурсами (ТЭР) и их потреблением, уровнем и состоянием генерирующих мощностей с соответствующими распределительными сетями.

Экологическая безопасность обеспечивается:

- высоким экономическим уровнем пользования топлива;
- внедрением новых природоохранных технологий при производстве электрической и тепловой энергий;
- эффективными методами очистки продуктов выбросов и сбросов в окружающую среду от топливоиспользующих установок;
- созданием полностью безотходных технологий при производстве и транспорте энергий;
- созданием полностью экологически чистых ТЭС и топливоиспользующих установок.

При этом масштабы техногенного воздействия на окружающую среду становятся глобальными, вплоть до изменения климата на Земле. Отсюда возникают экологические обязательства на международном уровне, а также региональные экологические программы.

Надежное, эффективное, экологически чистое и безопасное для человека энергоснабжение на длительную перспективу включает реализацию следующих комплексных мер, которые легли в основу Государственной научно-технической программы «Экологически чистой энергетики», разработанной в 1990 г.:

- совершенствование структуры топливно-энергетического баланса по увеличению в его приходной части доли экологически чистой первичной электроэнергии – безопасной атомной, гидравлической, на базе нетрадиционных возобновляемых источников энергии;
- использование при преобразовании энергии органических топлив, в первую очередь в электрическую и тепловую энергию, технологий? обеспечивающих минимально возможное возник-

новение загрязняющих веществ, их улавливание и утилизацию;

- создание и внедрение новых энергосберегающих технологий и техники; совершенствование энергопотребления и энергосбережения;
- разработка и внедрение принципиально новых экологически чистых и безопасных технологий, в первую очередь в наиболее энергоемкой сфере, какой является топливно-энергетический комплекс;
- повышение коэффициента полезного использования топливно-электрических ресурсов при их преобразовании в электрическую и тепловую энергию, главным образом за счет комбинированных циклов и безотходных технологий.

Природно-ресурсный потенциал любого государства является основой и базисом устойчивого развития экономики и производства. Однако освоение и эксплуатация минерально-сырьевых ресурсов обуславливает рост загрязнения, деградацию окружающей среды, дестабилизацию экологической ситуации и снижение качества окружающей среды в регионах.

Энергетика как система включает в себя весь топливно-энергетический комплекс. В широком смысле, для энергоресурсов и энергоносителей всех видов она предусматривает: их получение, переработку, преобразование, транспортирование, использование. Различают четыре стадии трансформации первичных энергоресурсов:

- извлечение, добыча или прямое их использование;
- переработка (облагораживание) до состояния, пригодного для преобразования или использования;
- преобразование связанной энергии переработанных ресурсов в электрическую – на тепловых, атомных и гидравлических электростанциях (ТЭС, АЭС, ГЭС) и в тепловую – на теплоэлектростанциях и котельных (ТЭЦ и К);
- использование энергии.

В связи с серьезным обострением ситуации в энергетической отрасли необходимость в изучении экономико-технических показателей основных производителей электроэнергии является одной из важнейших проблем.

Тепловые электростанции вырабатывают электрическую и тепловую энергию для нужд народного хозяйства страны и коммунально-бытового обслуживания. В зависимости от источника энергии различают тепловые электростанции (ТЭС), гидроэлектрические станции (ГЭС), атомные электростанции (АЭС) и др.

К электростанциям, работающим с противодавлением, относятся также станции с турбинами с ухудшенным вакуумом, где в конденсатор турбины подается уменьшенное количество охлаждающей воды, вследствие чего она нагревается до более высокой температуры. Нагретая вода направляется потребителям, отдает им тепло и возвращается в конденсатор, где снова нагревается, после чего опять направляется к потребителям. Удельный расход пара на выработку электроэнергии на таких станциях увеличивается по сравнению со станциями, оборудованными турбинами с нормальным вакуумом, однако полный расход пара из котельной оказывается гораздо меньшим, чем при отпуске тепла непосредственно из котельной установки и выработке того же количества энергии конденсационной турбиной с нормальным вакуумом.

Особым случаем применения турбин с противодавлением является использование их в качестве надстроек высокого давления для увеличения мощности и экономичности существующих станций низкого или среднего давления.

К теплоэлектроцентралям могут быть отнесены также станции с двигателями внутреннего сгорания, работающие с отдачей внешним потребителям тепла горячей воды, нагретой в рубашках цилиндров двигателей, и тепла отходящих газов.

Развитие топливно-энергетической системы оказывает решающее влияние на уровень энергооборуженности всех отраслей промышленности и сельского хозяйства, рост производительности труда.

Определяющими в энергетике или во всем топливно-энергетическом ресурсе (ТЭС) являются топливно-энергетические ресурсы (ТЭР), предприятия, перерабатывающие эти ресурсы, энергетические комплексы, включающие выработку электрической и тепловой энергии и передачу (транспортировка) потребителям этих двух видов энергии.

Развитие энергетики нельзя рассматривать в отрыве от всего топливно-энергетического комплекса. В топливно-энергетический комплекс (ТЭК) входят следующие отрасли: электроэнергетика; угольная; газовая; нефтедобывающая; нефтеперерабатывающая.

На долю ТЭС приходится примерно 50% общих выбросов в атмосферу вредных веществ, 70% парниковых газов, 30% загрязненных сточных вод, 30% твердых отходов.

В свою очередь, 60% от общего количества вредных веществ, поступающих в атмосферу от предприятий ТЭК, создают предприятия электроэнергетики. По данным Государственного водного кадастра, 18% всех сбросов создает энергетика; по 18% – химическая и деревообрабатывающая отрасли и остальные (около 50% всех сбросов) – жилищно-коммунальные хозяйства. Предприятия электроэнергетики выбрасывают в окружающую среду 28% всех промышленных отходов, цветная металлургия – 23%, черная – 15%.

Образующиеся отходы при химической подготовке воды на ТЭЦ свидетельствуют о незавер-

шенности технологической схемы, об отраслевом подходе к переработке природного сырья, направленном на извлечение из него только целевого продукта. Учитывая, что на долю тепловых электростанций в нашей стране приходится около 80% вырабатываемой электроэнергии, масштабы образующихся шламовых отходов при технологии химической подготовки воды являются существенными для промышленной переработки.

Непосредственный сброс шлама водоподготовительных установок в водоемы недопустим, так как приводит к отклонениям экосистемы последнего от равновесного состояния. Основными факторами, существенно влияющими на водоемы, являются температура воды, минералогический состав примесей, концентрация кислорода, показатель pH воды, концентрация вредных примесей, препятствующих или затрудняющих протекание процессов самоочищения водоемов. Повышенное содержание сточных вод, даже обусловленное наличием нейтральных солей, близких по составу к солям, содержащимся в обычных водах водоемов, может оказать отрицательное влияние на флору и фауну водоемов.

Для гидробионтов наиболее благоприятен показатель pH= 6,5 – 8,5. При повышении щелочности воды, т.е. pH >9,5, что свойственно шламам химводоподготовки ТЭЦ, у рыб разрушается кожный покров, а также ткани плавников и жабр, водные растения угнетаются, ухудшается самоочищение водоема. Соли железа, содержащиеся в шламе, обладают некоторым общим токсическим действием, а соединения трехвалентного (окисного) железа действуют обжигающе на пищеварительный тракт. Шлам также содержит органические вещества, которые, попадая в водоем, способствуют снижению содержания кислорода в воде из-за окисления этих органических веществ, что может привести к нарушению процессов самоочищения водоема, а в зимнее время к развитию замора рыбы. Содержащиеся в шламе хлопья оксидов железа и избыток извести поражают слизистую жабр у рыбы, приводя ее к гибели.

На сегодняшний момент шламовые отходы чаще всего захороняются в поверхностных хранилищах. Несмотря на то, что в данных шламах не содержится высокотоксичных веществ, как, например, в глинозем-содержащих шламах, остаются проблемы с их складированием. При этом происходит отчуждение больших площадей, сельскохозяйственных угодий, создается угроза их засоления, повышения минерализации подземных вод прилегающих территорий и ухудшения гидрохимического режима близлежащих водоемов. Все это влечет за собой изменение устойчивости геологической среды, что приводит к уменьшению геоэкологического потенциала и геоэкологической стабильности системы.

Хранилища отходов относятся к такой категории промышленных сооружений, за которыми необходимо постоянное наблюдение и контроль. Несоблюдение правил эксплуатации может привести

к разрушению хранилища, дренированию стоков. По нашим наблюдениям, на многих ТЭЦ отведенные отвалы давно достигли своего критического уровня, и продолжающаяся эксплуатация их представляет большие сложности.

Решением указанных проблем является рациональное использование минерального сырья, включающее два самостоятельных направления:

- комплексное использование сырья путем разработки новых, замкнутых технологических схем всех проектируемых предприятий с полным использованием всех (попутных) продуктов на основе современных достижений науки и техники;

- использование отходов промышленности, накапливающихся в отвалах и представляющих собой техногенное сырье, переработка которого требует дополнительных средств.

При современных темпах развития промышленного производства создание и освоение ресурсосберегающих технологических процессов комплексной переработки сырья становятся узловыми вопросами экономики.

Важным аспектом в решении этой проблемы для ТЭЦ является создание экологически чистых ТЭЦ, которые в настоящее время оказывают значительное влияние на состояние водной и воздушной сред, занимая при этом значительные участки земли. ТЭЦ являются крупными потребителями природной воды и источниками большого количества сточных вод. Для их работы требуется воды в среднем 35 - 40 м<sup>3</sup>/с на 1 млн. кВт установленной мощности. Общий объем воды, потребляемой ТЭЦ СССР, составлял около 160 км<sup>3</sup>, в том числе свежей 70 км<sup>3</sup>, оборотной 90 км<sup>3</sup> /8/. Так, например, Автозаводская ТЭЦ Нижнего Новгорода сбрасывает в реку Оку 234322 тыс. м<sup>3</sup>/год сточных вод. Все большее применение в мировой энергетике получают ТЭЦ, обеспечивающие экологически безопасный режим водопользования. Передовые позиции в решении экологических проблем ТЭЦ занимают США, «Нулевой» сброс сточных вод в этой стране рассматривается как эффективная стратегия при создании экологически чистых ТЭЦ.

При формировании концепции экологической безопасности объектов ТЭЦ следует разрабатывать и реализовывать технологии повторного использования сточных вод ТЭЦ путем отделения воды и твердого остатка. Вода направляется на повторное использование на ТЭЦ, а выделенный осадок должен подвергаться утилизации.

Наиболее полно утилизировать отходы можно в промышленности строительных материалов, так как строительство и его материальная база являются наиболее материалоемкими отраслями, размещенными повсеместно, что ставит их в особое положение при решении вопросов комплексного использования минерального сырья. Так, по данным А.М. Рябчикова, производственная необходимость промышленности строительных материалов приводит к перемещению 10000 км<sup>3</sup> (25-10<sup>12</sup> т) различных минеральных материалов. В связи с

развитием горных работ влияние их на земную кору приобрело региональный характер, нарушенные площади оцениваются тысячами квадратных километров, образуются новые горные ландшафты. Горнодобывающая промышленность, помимо загрязнения, наносит серьезный вред окружающей среде в виде деформаций поверхности Земли, изменения гидродинамического режима поверхностных и подземных вод. Рост выработанного пространства приводит к изменению напряженного состояния массивов, нарушению их устойчивости, возникновению горных ударов, техногенной сейсмичности и т. д.

В связи с этим использование в качестве сырьевых материалов для производства строительных материалов отходов производств вносит особо ценную геоэкологическую значимость. При этом имеется целый ряд преимуществ: станет возможным расширение минерально-сырьевой базы без увеличения добычи первичного сырья и нарушенных земель; применение отхода вместо природного сырья; снижение энергозатрат (за счет исключения стадий помола и измельчения сырья); обеспечение высокой дисперсности и однородности (на молекулярном уровне), по сравнению с природным сырьем.

Для народнохозяйственной оценки экономических преимуществ использования отходов в производстве строительных материалов и строительстве в расчетах эффективности обязательно необходимо учитывать расходы на удаление и складирование отходов в отвалы; расход электроэнергии и воды по системе шламоудаления; расход на текущий ремонт; заработную плату станционного персонала; капитальные вложения на строительство новых и расширение существующих шламохранилищ; амортизационные отчисления на действующую систему шламоудаления, а также фактор ликвидации ущерба, наносимого окружающей среде.

Анализ данных зарубежной литературы свидетельствует, что природоохранные затраты признаются в настоящее время экономически выгодными. Известно, что при величине 1-2 % от валового национального продукта они предотвращают ущерб в 3-5% объема валового национального продукта. В экономически развитых странах ущерб от загрязнения атмосферы оценивается в 3-5 %.

Таким образом, складываемые отходы в виде шлама в искусственных сооруженных бассейнах занимают сотни гектаров земли, выведенных из народнохозяйственного пользования и нуждающихся в дорогостоящей эксплуатации. Строительство таких бассейнов по капитальным затратам, в ряде случаев, соизмеримо со строительством объектов по переработке шламов.

Опыт показывает, что шлам ВПУ не является сбросовым сырьем, а может использоваться как компонент в строительстве, в сельском хозяйстве, в металлургии и т.д. Так, в работе показана возможность использования шлама Приднепровской ГРЭС в сварочном производстве. Установлено, что шлам по составу не только близок к карбонатам,

применяемым традиционно в сварочных материалах, но еще и дополнительно содержит Si, K, Na, Al, Fe. Изготовленные сварочные электроды с использованием шлама ГРЭС оказались аналогичными серийным электродам типа УОНИ -13/85 по сварочно-техническим и механическим свойствам. Эффективным является опыт использования шлама при производстве строительных материалов.

Наиболее перспективным и наиболее органично вписывающимся в специфику ВПУ ТЭС является способ получения из шлама гашеной извести с последующим использованием ее в технологической схеме подготовки воды. Такая схема переработки шлама реализована на Нижнекамской ТЭЦ-1. Активность получаемой по данной схеме извести составляет 50-60%. Повышенное содержание магния и других примесей в регенерированной извести ограничивает ее повторное применение в цикле водоподготовки ТЭЦ. Поэтому на Нижнекамской ТЭЦ-1 шлам используют для производства кирпича, а гашение извести вынуждены производить в автоклаве с подачей в него насыщенного пара давлением 0,5 МПа и более.

Опыт работы девяти установок по регенерации извести из шлама ХВО в США показал, что эта технология оправдана лишь для следующих условий: влажность шлама, подаваемого в печь, должна быть не более 30%; доля карбоната кальция в шламе – не менее 90%; производительность печи не менее 50 т/сут; шламовый осадок должен быть уплотнен (обезвоживание осуществляется в вакуум-фильтрах, корзиночных центрифугах или ленточных фильтр-прессах); перед подачей в обжиговую печь шлам сушится дымовыми газами.

В качестве топлива в этой печи используется природный газ, мазут и даже размельченный антрацит. Расход энергии на весь процесс определяется величиной влажности поступающего в печь шлама и эффективностью системы рекуперации тепла.

Другим направлением утилизации шлама ХВО ТЭС является возможность использования его в асфальтобетонных смесях. Для этих целей в Москве и Московской области широко используются минеральные порошки путем размола природных карбонатов. Однако шлам ВПУ по своему химическому и гранулометрическому составу очень близок к составу этих минеральных порошков.

Исследования бюро «Мосоргтехстройматериалы» и заключение Люберецкого комбината строи-

тельных материалов подтверждают возможность использования шлама в асфальтобетонных смесях.

Еще одним направлением утилизации шлама ВПУ ТЭЦ является использование его в качестве химического мелиоранта при обработке кислых почв. По данным Главного управления сельского хозяйства Московской области, потребность в мелиоранте кислых почв этого региона составляет 400-500 тыс. т/год, а на ТЭЦ «Мосэнерго» образуется лишь до 10 тыс. тонн шлама в год. Существенным требованием в этом случае является снижение влажности шлама до 1-4%. А это дополнительные затраты на сушку.

Из всего ряда рассмотренных способов использования шлама ХВО ТЭЦ особо выделяется направление, которое развивает академик РИА, проф., д.т.н. Мадоян А.А. и его школа. Это направление посвящено разработке технологии изготовления строительных, керамических и других изделий, обеспечивающих ресурсо- и энергосбережение на ТЭЦ. Авторами обоснованы методы рационального сочетания вводимых в спекаемые керамические массы карбонатных природных минералов и шлама ХВО ТЭС. Показано, что шламы химводоочисток ТЭС обладают повышенной реакционной способностью. Это позволяет интенсифицировать процесс спекания керамики и проводить его не при 1273° К и выше.

Все рассмотренные выше варианты и методы утилизации и минимизации сбросных вод ХВО ТЭЦ, несмотря на их технологическое разнообразие, обладают существенным недостатком – одноцелевым решением проблемы, одноцелевым производством. Например, энергетиков заботит только электроэнергия; химики-водники, модернизируя схемы водоподготовки, отправляют шламы в шламо-накопители; строители, мелиораторы и другие, используя шлам ХВО ТЭС, не принимают участия в решении энергетических задач. Каждый работает обособленно.

Однако давно назрела экономическая и экологическая необходимость пересмотреть отношения к ТЭС как к одноцелевой отрасли. Это необходимо рассматривать как многоцелевой технологический комплекс, способный наряду с производством электроэнергии получать металл и щебень из шлама, а керамику, известь и стройматериалы из шлама ХВО, т.е. сделать замкнутым цикл использования топлива, воды и полностью исключить всяческие выбросы и отходы окружающую среду

Рецензент: к.т.н. Бейшекеев К.К.