

КОНЦЕПЦИЯ ПЕРЕХОДА К НОРМИРОВАНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ОСНОВЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е. Н. Потапова, РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва

Ключевые слова: охрана окружающей среды, наилучшие доступные технологии, комплексные экологические разрешения

Key words: environmental protection, best available techniques, complex ecological permissions

В последние годы во многих развитых странах используется новый подход к оценке промышленных предприятий, применяемым ими комплексным технологиям и выпускаемой продукции. Этот подход основывается на показателях, которые характеризуют воздействие предприятия, технологии, выпускаемой продукции на окружающую среду, в том числе с учетом экономических и социальных факторов. Как показывает международная практика, одним из инструментов установления приемлемого баланса между экологическими, экономическими и социальными интересами является выдача промышленным предприятиям комплексных (экологических, природоохранных) разрешений* на выбросы, сбросы, размещение отходов на основе технологического нормирования с использованием наилучших доступных технологий (НДТ).

Термин «НДТ» пришел в Россию из Европейского союза. Широкое распространение термин «наилучшие доступные технологии» (Best Available Techniques, BAT) получил в странах ЕС начиная с середины 90-х годов в соответствии с Директивой Совета Европейского союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. «О комплексном контроле и предотвращении загрязнений» (Директива ККПЗ) [2]. При этом под «технологией» понимается как используемая технология, так и способ, с помощью которого объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации [3]. Под «доступной» понимается технология, которая достигла уровня, позволяющего обеспечить ее внедрение в соответствующем секторе промышленности с учетом экономической и технической обоснованности, затрат и преимуществ. Здесь речь идет как о технологических процессах, так и о технических решениях (например, о технике защиты окружающей среды) и о подходах к управлению предприятиями. При этом предпочтение отдается решениям, интегрированным, встроенным в технологический процесс и тем самым направленным на предотвращение негативного воздействия. Наконец, под «наилучшей» понимается технология, основанная на достижении общего высокого уровня защиты окружающей среды. НДТ означают самую эффективную и передовую стадию развития производственной деятельности и методов эксплуатации установок, которая свидетельствует о практической пригодности определенных технологий для создания принципиальной основы обеспечения предельных величин эмиссий в целях предотвращения и, если это невозможно, общего сокращения эмиссий и ослабления воздействия на окружающую среду в целом. Под «эмиссиями» подразумеваются все виды воздействия на окружающую среду: выбросы, сбросы, размещение отходов, воздействие тепла, шума, других физических полей. Таким образом, основная цель НДТ – совершенствование систем управления и контроля производственных процессов на промышленных предприятиях для обеспечения комплексного подхода к защите окружающей среды. Применение НДТ позволяет повысить технологическую эффективность и экологическую безопасность на промышленных объектах.

Для практической реализации Директивы ККПЗ в Севилье (Испания) было создано Европейское бюро по комплексному контролю и предотвращению загрязнений (Бюро НДТ), которым с 1997 по 2006 гг. было разработано 33 специальных технических справочных документа по НДТ (BREFs)**, содержащих данные об опробованных в различных странах и получивших практическое подтверждение своей эффективности установках и технологиях.

Справочный документ по НДТ «живет» пять-восемь лет, для его переработки требуется около двух лет. Работа над справочниками финансируется Европейской комиссией, полная стоимость разработки (переработки) одного документа составляет около 3 млн. евро. На справочники по НДТ не распространяется авторское право, их можно свободно переводить на

* Комплексное экологическое разрешение – документ, который выдается уполномоченным федеральным органом исполнительной власти юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю, осуществляющему хозяйственную и (или) иную деятельность на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду, и содержит обязательные для выполнения требования в области охраны окружающей среды [1].

** BREFs – от англ. Best available techniques REference documents – справочные документы по НДТ.

другие языки и распространять [4]. Эти справочники не являются ни стандартами, ни техническими регламентами, они не обязательны к использованию, не устанавливают и не предлагают предельные значения выбросов (сбросов) ни для какой-либо отрасли экономики, ни для применения НДТ на предприятиях национального, регионального или местного значения. Справочники по НДТ, и это главное их предназначение, служат основой системы комплексных экологических разрешений для промышленных предприятий в европейских странах, США и др. Кроме того, их можно использовать в качестве [5]:

руководства к действию при принятии решений об экологически и экономически выгодных инвестициях в процессе производственного планирования и технологического проектирования;

материала для сравнительного анализа эффективности действующих установок (например, в рамках экологического аудита);

материала при обучении и подготовке инженеров и экологов (в особой мере это относится к так называемым горизонтальным справочникам по НДТ);

основы для обсуждения набора стандартов качества окружающей среды, используемых при выдаче экологических разрешений.

Серия BREF-документов состоит из семи «горизонтальных»* и 26 «вертикальных»** справочников. Все справочники находятся в открытом доступе на сайте Бюро НДТ по адресу: <http://eippcb.jrc.es.europa.eu>. К их числу относятся и справочники по НДТ «Производство стекла» (BREF GLS), «Производство керамических изделий» (BREF CER) и «Производство цемента, извести и оксида магния» (BREF CLM). Данные «вертикальные» справочники содержат описание производственных процессов (начиная с выбора сырья и материалов и заканчивая отправкой готовой продукции), которые считаются НДТ для рассматриваемой категории промышленных предприятий. В 2007–2010 гг. был осуществлен перевод ряда европейских справочников на русский язык [6].

В законодательном поле России понятие «НДТ» появилось в 2014 г. с принятием закона от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Согласно статье 1 данного закона, НДТ – это технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

Мировой опыт показывает, что внедрение принципов НДТ позволяет существенно улучшить экологическую ситуацию, обновить основные фонды, создать энергоэффективные и ресурсосберегающие производственные мощности, решить задачи импортозамещения и повышения конкурентоспособности предприятий, а также увеличить количество высокопроизводительных рабочих мест [7].

Следует признать, что на современном этапе развития страны значительная часть российской промышленной продукции неконкурентоспособна на глобальном рынке, поэтому сегодня перед отечественной промышленностью стоят три основных задачи: способствовать модернизации устаревших производственных мощностей, сформировать условия для создания новых высокотехнологичных предприятий и обеспечить замещение импортной продукции, в первую очередь в части производства средств производства.

Одновременно все более актуальной становится проблема снижения негативного воздействия промышленности на окружающую среду в связи с ужесточением требований природоохранного законодательства, особенно после принятия поправок в указанный выше закон, ориентированных на минимизацию экологического вреда. Особое значение при этом придается внедрению принципов НДТ, которые должны стать связующим звеном при реализации как промышленной, так и экологической политики в нашей стране. Для создания системы регулирования с применением НДТ уже разрабатывается необходимая нормативная база.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р утверждён комплекс мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы НДТ и внедрение современных технологий. Основными мероприятиями в рамках утвержденного комплекса мер являются:

* «Горизонтальный» документ – справочный документ по НДТ, имеющий «сквозной характер» и предназначенный для всех отраслей промышленности (например, справочник по НДТ в области энергоэффективности, справочник по наилучшим методам производственного экологического контроля и др.).

** «Вертикальный» документ – справочный документ по НДТ, предназначенный для одной или нескольких отраслей промышленности.

создание межведомственного совета по переходу на принципы НДТ и внедрению современных технологий;

разработка плана действий («дорожной карты») по переходу на принципы НДТ и внедрению современных технологий в федеральных государственных унитарных предприятиях, федеральных бюджетных учреждениях, государственных корпорациях, организациях с участием государства;

разработка нормативной правовой базы, обеспечивающей совершенствование нормирования в области охраны окружающей среды и переход промышленности на принципы НДТ;

разработка нормативно-технических документов на основе информационно-технических справочников* и реестров НДТ;

разработка и реализация комплекса мер по стимулированию производства в Российской Федерации современного технического оборудования, соответствующего принципам НДТ.

Внесены изменения в Федеральный закон «Об охране окружающей среды», касающиеся новых понятий и определений, категорий экологически опасных предприятий, требований по обязательности исполнения программ повышения экологической эффективности, коэффициентов к ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду и др.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029, объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, подразделяются на четыре категории. Производство такой неметаллической минеральной продукции, как стекло и изделия из стекла, включая стекловолокно, огнеупорные керамические изделия, строительные керамические материалы и керамические или фарфоровые изделия, цементный клинкер и известь, относится к I категории, т. е. к объектам, хозяйственная и (или) иная деятельность которых оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду. Юридические лица и индивидуальные предприниматели, ведущие хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I категории, обязаны получить комплексные экологические разрешения на осуществление этой деятельности. На объектах I категории переход на принципы НДТ должен быть обязательным.

Действующая в настоящее время система регулирования препятствует модернизации предприятий в силу следующих причин:

плата за негативное воздействие минимальна и не стимулирует к внедрению новых технологий;

система разрешений на выбросы, сбросы и отходы непрозрачна, она дает возможность предприятиям неограниченно загрязнять окружающую среду и не учитывает современных технологических решений;

государственный экологический надзор не располагает объективной (инструментальной) информацией, поэтому механизмы принуждения предприятий к модернизации неэффективны;

отсутствуют современные экономические механизмы обновления производственных мощностей, модернизации, строительства предприятий с минимальным воздействием на окружающую среду;

система разрешений на выбросы, сбросы и отходы не содержит показателей потребления энергии и ресурсов и не позволяет применять комплексный подход.

В связи с этим предполагается поэтапная модернизация предприятий с утверждением специальных программ повышения экологической эффективности, предусматривающих выполнение мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению объектов с указанием сроков выполнения, объема и источников финансирования. Каждая программа будет разрабатываться на конкретный срок без возможности продления. Реализация таких программ будет рассчитана в среднем на период до семи лет. Для градообразующих и стратегических предприятий этот срок предполагается увеличить до 14 лет. Проектирование и строительство новых объектов также должны соответствовать требованиям, предъявляемым к модернизируемым предприятиям. В случае превышения технологических показателей по НДТ предприятие не будет введено в эксплуатацию.

* Информационно-технический справочник – это документ по стандартизации, разработанный в результате анализа технологических, технических и управленческих решений для конкретной области применения и содержащий описание используемых в настоящее время и перспективных технологических процессов, технических способов, методов предотвращения и сокращения негативного воздействия на окружающую среду, из числа которых выделены решения, признанные НДТ для данной области, включая соответствующие параметры экологической результативности, ресурсо- и энергоэффективности, а также экономические показатели.

Безусловно, предприятиям необходимо время на модернизацию. Это учтено в законе, который предусматривает поэтапный переход на новую систему экологического регулирования (все принятые законом решения – отсроченные). Переход будет осуществляться в несколько этапов. Первый полностью зависит от органов власти, так как он включает издание всех подзаконных актов, публикацию справочников по НДС и введение механизмов экономического стимулирования. Этот этап предполагается завершить в 2015–2018 гг.

Вначале планируется приступить к реализации пилотных проектов. В них будут задействованы почти 300 крупнейших «загрязнителей», а также все новые предприятия и компании, которые выразят желание участвовать в этих проектах. К 2019–2022 гг. они перейдут на комплексные экологические разрешения, предполагающие нормирование на основе принципов НДС. В этот период параллельно произойдет промежуточное увеличение коэффициентов платы за несоблюдение требований, предусмотренных НДС.

Согласно Федеральному закону от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» в редакции от 29 декабря 2015 г., с 1 января 2016 г. базой для расчета платы становится объем или масса выбросов/сбросов загрязняющих веществ либо размещенных за отчетный период отходов производства и потребления. Устанавливаться этот показатель будет самими организациями на основе данных производственного экологического контроля. Самостоятельно они будут рассчитывать и размер платы за негативное воздействие на окружающую среду путем умножения величины платежной базы по каждому загрязняющему веществу на соответствующие ставки этой платы и последующего суммирования полученных величин. С 1 января 2020 г. при расчете платы нужно будет учитывать еще и определенные коэффициенты. Если объем или масса выбросов/сбросов загрязняющих веществ за отчетный период не превысит нормативы для конкретного вещества, применяться будет коэффициент 1, т. е. размер платы не увеличится. Такой же коэффициент используется для размещенных в пределах лимитов отходов производства и потребления. В случае превышения последних применению подлежит коэффициент 25 (размер платы увеличивается в 25 раз). Он же применяется при расчете платы для предприятий, которые загрязняют окружающую среду сверх нормативных показателей, но нацелены на улучшение ситуации, например, утвердили план мероприятий по ее охране или программу повышения экологической эффективности. Если же объем или масса выбросов/сбросов загрязняющих веществ превышает пределы, установленные для объектов I категории, плата возрастает в 100 раз (применяется коэффициент 100).

Кроме того, с 1 января 2018 г. вступит в силу требование для объектов I категории, согласно которому стационарные источники (их перечень устанавливается Правительством Российской Федерации) должны быть оснащены автоматическими средствами измерения и учета объема или массы выбросов/сбросов и концентрации загрязняющих веществ, а также техническими средствами фиксации и передачи информации об объеме или массе выбросов/сбросов и концентрации загрязняющих веществ в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды).

В качестве меры экономического стимулирования для предприятий, которые перейдут на НДС, плата за «сверхвыбросы» может не взиматься, если эти деньги будут направлены на внедрение НДС, а после их внедрения коэффициент окажется нулевым.

В дальнейшем переход на НДС будет распространен на все предприятия. Это займет около 10 лет – до 2030 г. С 2030 г. будет осуществляться непосредственный контроль выполнения программ. Для стимулирования модернизации предусмотрены как льготные механизмы, так и соответствующие санкции. Вводятся возмещение процентной ставки по инвестиционному кредиту в счет налога на прибыль, ускоренная амортизация оборудования НДС, зачет платы в счет инвестиций, снижение платы после внедрения НДС. Вместе с тем платежи будут увеличены до размеров, сопоставимых с затратами на очистку выбросов/сбросов, если технологические нормативы не будут достигнуты. Планируется вводить новые составы административных правонарушений, увеличивать размеры штрафов. При этом в случае отставания по технологическим нормативам повышающие коэффициенты платы будут значительно увеличены.

Минэкономразвития России предлагает поддерживать тех, кто решится внедрять НДС, у представителей бизнеса появится возможность получить кредит на перевооружение в специальном фонде поддержки промышленности. К концу 2016 г. любая господдержка промышленных предприятий будет предоставляться только в увязке с требованиями по внедрению прогрессивных производственных технологий.

Что считать НДТ в каждой отрасли, правительство укажет в специальных информационно-технических справочниках (распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 октября 2014 г. № 2178-р «Об утверждении поэтапного графика создания в 2015–2017 годах отраслевых справочников наилучших доступных технологий»). Справочники будут рекомендованы как предприятиям (для подготовки своих корпоративных программ внедрения НДТ), так и регулирующим органам (для оценки соответствия предприятий экологическим требованиям). В недавно принятом Федеральном законе от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации» содержатся положения, закрепляющие статус информационно-технических справочников как документов национальной системы стандартизации. Всего планируется создание 47 справочников, причем в 2015 г. разработано уже 10 справочников по ключевым отраслям промышленности.

Цели, основные принципы и порядок разработки справочников по НДТ установлены Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям». В соответствии с этим постановлением Росстандарт, наделенный Правительством Российской Федерации полномочиями по определению технологических процессов, оборудования, технических способов, методов в качестве НДТ, по аналогии с Евросоюзом создал российское Бюро НДТ, координирующее деятельность технических рабочих групп. Кроме того, организован новый технический комитет по стандартизации «Наилучшие доступные технологии» № 113 (ТК «НДТ»), не имеющий международного аналога. Комитет создан для обеспечения российских предприятий различных отраслей промышленности документами по стандартизации в сфере НДТ.

При работе над справочниками все технические группы столкнулись с немалыми трудностями. Если каждый европейский документ разрабатывался в течение пяти-восьми лет, то российские технические рабочие группы должны были выпустить первые справочники в значительно более сжатые сроки. Для создания «своих» справочников необходимо было собрать информацию о применяемых на российских промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды, повышение энергоэффективности и обеспечение ресурсосбережения. Кроме сведений, полученных в результате анкетирования предприятий, в качестве источников информации о сфере распространения НДТ, применяемых на практике технологиях, относящихся к НДТ, были использованы справочники Европейского союза, статистические сборники, результаты научно-исследовательских и диссертационных работ, иные источники, а также информация, полученная в ходе консультаций с экспертами в области соответствующего производства.

На основании Постановления Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 были разработаны «Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии». Согласно этим документам, при отнесении технологических процессов, оборудования, технических способов и методов к НДТ необходимо учитывать следующие критерии:

наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги;

экономическая эффективность внедрения и эксплуатации;

применение ресурсо- и энергосберегающих методов;

период внедрения;

промышленное внедрение технологических процессов, оборудования, технических способов и методов на двух и более объектах в Российской Федерации, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Анализ и обобщение полученной информации позволили техническим рабочим группам разработать информационно-технические справочники по НДТ производства основных строительных материалов: ИТС 4-2015 «Производство керамических изделий», ИТС 5-2015 «Производство стекла» и ИТС 6-2015 «Производство цемента» [8]. Следует подчеркнуть, что предприятия по производству керамики, стекла и цемента, с одной стороны, относятся к ключевым отраслям промышленности России, а с другой – входят в перечень отраслей с наибольшим (90% загрязнений) воздействием на окружающую среду.

Безусловно, технологические процессы производства керамических изделий, стекла и цемента различны, и для каждого процесса существуют свои показатели технологической эффективности производства – удельный расход сырьевых материалов, тепла (топлива) и электроэнергии на изготовление 1 т продукции. Однако все эти производства высокотемпературные, и для них характерны выбросы в атмосферу пыли, оксидов азота NO_x, оксида серы SO₂ и оксида углерода CO, т. е. веществ, эмитирующих в окружающую среду и наносящих ощутимый вред окружающей среде и здоровью человека.

Следствием перехода на принципы НДТ при производстве стекла, керамических изделий и цемента, помимо общего снижения уровня загрязнения, станет ускоренное технологическое развитие. Предприятиям, вынужденным принимать дополнительные меры по снижению негативного воздействия на окружающую среду при условии сохранения себестоимости на конкурентном уровне, придется уделять особое внимание развитию технологий, повышению их эффективности, оптимизации всех возможных затрат. С внедрением принципов НДТ появится возможность отказаться от установления единых для всех предприятий жестких норм, что невозможно ввиду разнообразия предприятий, применяемого сырья, процессов производства и т. д.

Использование справочников по НДТ позволит предприятиям, не дожидаясь 2019 г. – начала выдачи комплексных экологических разрешений, оценить, насколько параметры выбросов и сбросов на их предприятии соответствуют технологическим параметрам НДТ, и, если подобная система будет создана, получить на добровольной основе сертификат соответствия, который будет свидетельствовать об экологической безопасности производства и поможет продукции предприятия получить преимущества на рынке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Предварительный национальный стандарт ПНСТ 22-2014. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения. – Введ. 2015-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. – 14 с.
2. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control // The Official Journal of the European Union. – 1996. – Vol. 39. – 10 October 1996. – L 257. – P. 0026–0040.
3. Directive 2010/75/EC on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) [Electronic resource]. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:EN:PDF> (accessed 25.12.2015).
4. Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы / Е. Б. Королева, О. Н. Жигилей, А. М. Кряжев [и др.]. – СПб.: ООО «Ай-Пи», 2011. – 123 с.
5. Бегак М. В. НДТ: эффективно, доступно, продуктивно // Эко-бюллетень ИнЭКА. – 2009. – № 3(134). – С. 16–19.
6. Справочные документы по наилучшим доступным технологиям [Электронный ресурс]. URL: <http://14000.ru/brefs/> (дата обращения: 12.03.2015).
7. Потапова Е. Н., Гусева Т. В. Развитие систем менеджмента предприятий цементной промышленности с учетом требований к энергетической эффективности и экологической результативности // Актуальные вопросы инновационной экономики. – 2013/2014. – № 6 (5). – С. 157–165.
8. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям [Электронный ресурс]. URL: http://www.gost.ru/wps/portal/pages/directions?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/gost/GOSTRU/directions/ndt/ndt/sprav_NDT_2015 (дата обращения: 25.12.2015).

REFERENCES

1. *Predvaritel'nyy natsional'nyy standart PNST 22-2014. Nailuchshie dostupnye tekhnologii. Terminy i opredeleniya* [Best available techniques. Terms and definitions]. Vved. 2015-01-01. Moscow: Standartinform, 2014, 14 p (in Russian).
2. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control. *The Official Journal of the European Union*, 1996, vol. 39, 10 October 1996, L 257, pp. 0026–0040.
3. *Directive 2010/75/EC on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)*. [Electronic resource]. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:EN:PDF> (accessed 25.12.2015).
4. Koroleva E. B., Zhigilev O. N., Kryazhev A. M., et. al. *Nailuchshie dostupnye tekhnologii: opyt i perspektivy* [Best available techniques: experience and prospects]. St. Petersburg: ООО «Ай-Пи», 2011, 123 p (in Russian).
5. Begak M. V. BAT: efficient, affordable, productive. *Eko-byulleten' InEkA*, 2009, no. 3(134), pp. 16–19 (in Russian).
6. *Spravochnye dokumenty po nailuchshym dostupnym tekhnologiyam* [Reference documents on best available techniques]. [Electronic resource]. URL: <http://14000.ru/brefs/> (accessed 12.03.2015) (in Russian).
7. Potapova E. N., Guseva T. V. Development of management systems of the enterprises of the cement industry with regard to the requirements to energy efficiency and environmental performance. *Aktual'nye voprosy innovatsionnoy ekonomiki*, 2013/2014, no. 6 (5), pp. 157–165 (in Russian).
8. *Informatsionno-tekhnicheskyy spravochnik po nailuchshym dostupnym tekhnologiyam* [Information and technical reference book on the best available techniques] [Electronic resource]. URL:

КОНЦЕНТРАЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ КАК СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОКСИДОВ

**Н. В. Молчан, НПЦ «Фармзащита», Московская обл., г. Химки;
В. И. Фертиков, Всероссийский институт легких сплавов, Москва**

Ключевые слова: концентрация электронов, плотность, энтальпия, оксиды, структура
Key words: concentration of electrons, density, enthalpy, oxides, structure

Неорганические материалы, применяемые при изготовлении промышленных силикатных изделий, подвергаются воздействиям, в результате которых они теряют свои индивидуальные свойства, приобретая новые эксплуатационные характеристики, необходимые потребителю. Примером могут служить стекольные расплавы, керамика, огнеупоры, цементы, шлаки. Эти силикатные материалы состоят в основном из оксидов, иногда карбидов и нитридов. Для понимания химических изменений, происходящих во время технологического процесса, необходимо сравнить индивидуальные характеристики веществ до взаимодействия и после окончания процесса. Так, суммарный объем глины и воды после взаимодействия не равен сумме исходных объемов этих двух компонентов. Плотность вещества при переходе из аморфного состояния в кристаллическое возрастает. Мелкозернистое строение сплавов после отжига становится крупнозернистым; при этом происходит увеличение плотности материала. Изменение структуры вещества без изменения химического состава всегда сопровождается изменением взаимодействия электронов в веществе [1, 2].

Цель настоящей работы – установить возможность использования концентрации электронов, определяемой в моль/см³, в качестве величины, позволяющей оценить структуру материала. Указанная цель достигалась путем выявления зависимостей рассчитанной концентрации электронов в рядах однотипных по строению оксидов с энтальпией ($-\Delta H_{298}^{\circ}$, кДж/моль) и коэффициентом уплотнения ($K_{упл}$, %) [3–6].

Плотность вещества обусловлена атомной массой и приближенностью атомов друг к другу. Если рассматривать все вещества в твердом состоянии (ниже их температуры плавления), то появляется возможность сопоставлять полученные результаты. В работах [5, 6] представлена формула для определения концентрации электронов элементных веществ на основании справочных данных [7–9] об их плотности в конденсированном состоянии:

$$C_{\text{электр}} = \frac{d}{M} Z, \quad (1)$$

где $C_{\text{электр}}$ – концентрация электронов в единице объема, моль/см³; d – плотность вещества в конденсированном состоянии, г/см³; M – молярная масса, г/моль; Z – порядковый номер элемента в таблице Д. И. Менделеева.

Результаты вычисления $C_{\text{электр}}$ для элементных веществ приведены на рис. 1.

С использованием упомянутых выше справочных данных о плотности были вычислены также радиусы атомов по формуле

$$R_a = \sqrt[3]{\frac{M}{4/3\pi N_A}}, \quad (2)$$

где N_A – число Авогадро.

Результаты вычислений по формуле (2) представлены на рис. 2 [5, 6].

Для химических соединений концентрация электронов определяется по формуле

$$C_{\text{электр}} = \frac{\text{Количество электронов в соединении (в одном моле)}}{\text{Объем моля соединения}}. \quad (3)$$

Например, соединение CaSO_4 содержит 68 молей электронов в одном моле вещества ($20 + 16 + 8 \times 4$), молярная масса 136,14 г, плотность 2,983 г/см³, объем соответственно $136,14/2,983 = 45,64$ см³. Концентрация электронов $68/45,64 = 1,490$ моль/см³. Аналогично были вычислены концентрации электронов для ряда бинарных соединений: SiC –