

Методические рекомендации

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЗАЯВОК НА ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ

Производство высокотемпературных
неметаллических материалов





ИНСТИТУТ РЕСУРСНОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ



ЦЕНТР
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
АУДИТА И МЕНЕДЖМЕНТА

Потапова Е.Н., Беспалов Р.О.

**РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ
ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
И ЗАЯВОК НА ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ. ПРОИЗВОДСТВО
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ**

Методические рекомендации

Москва
2026

УДК 658.511
ББК 20.17
Р17

*Печатается по решению Учебно-методического совета
Автономной некоммерческой организации «Центр экологического аудита и
менеджмента»*

Рецензенты:

Валерий Самсонович Петросян, доктор химических наук, профессор,
почётный профессор Московского государственного университета имени
М. В. Ломоносова, Вице-президент Российской академии естественных
наук

Ирина Олеговна Тихонова, кандидат технических наук, доцент кафедры
промышленной экологии Российского химико-технологического
университета имени Д. И. Менделеева

Потапова Екатерина Николаевна, Беспалов Роман Олегович.
Разработка проектов программ повышения экологической эффективности и
заявок на получение комплексных экологических разрешений.
Производство высокотемпературных неметаллических материалов.
Методические рекомендации. – Москва : Издательство «Перо», 2026. – 28 с.

ISBN 978-5-00289-160-3

Основные положения методических рекомендаций подготовлены на
основании многолетнего практического опыта работы с предприятиями по
производству высокотемпературных неметаллических материалов и
результатов анализа типовых сложностей, с которыми сталкиваются
специалисты предприятий и консультанты при разработке проектов
программ повышения экологической эффективности и заявок на получение
комплексных экологических разрешений.

Рекомендации рекомендованы к изданию Учебно-методическим советом
АНО «Центр экологического аудита и менеджмента».

УДК 658.511

ISBN 978-5-00289-160-3

© Коллектив авторов
© АНО «Институт ресурсной эффективности»
© АНО «Центр экологического аудита и менеджмента»

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Определения и сокращения	4
Введение	6
1. Ошибки, встречающиеся в документах при подготовке заявки на получение комплексного экологического разрешения	8
1.1 Производство цемента	8
1.2 Производство извести	11
1.3 Производство извести на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности	14
1.4 Производство извести на металлургических предприятиях	15
1.5 Производство керамических изделий	17
1.6 Производство стекла	17
2. Ошибки, встречающиеся в программах повышения экологической эффективности, разрабатываемых предприятиями	19
2.1 Производство цемента	19
2.2 Производство извести	21
3. Анализ по стоимости различных технических решений	22
Заключение	23
Контрольные вопросы	25
Литература	26

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГИСП – государственная система промышленности

ИЗАВ – источники загрязнения атмосферного воздуха

ИТС – информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (документ национальной системы стандартизации, содержащий систематизированные данные в определенной области и включающий в себя описание технологий, процессов, методов, способов, оборудования и иные данные)

Кирпич – керамическое штучное изделие, предназначенное для устройства кладок на строительных растворах

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

МВК – межведомственная комиссия по рассмотрению программ повышения экологической эффективности

НВОС – негативное воздействие на окружающую среду

НДТ – наилучшие доступные технологии (совокупность технологических, технических и управленческих (организационных) решений, направленных на повышение ресурсной эффективности, снижение негативного воздействия на окружающую среду и ограничение выбросов парниковых газов экономически целесообразными методами)

ОТН – объект технологического нормирования

ППЭЭ – программа повышения экологической эффективности (документ, разрабатываемый на период поэтапного достижения нормативов допустимых выбросов, нормативов допустимых сбросов, технологических нормативов юридическими лицами или индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I категории, в случае невозможности соблюдения нормативов допустимых выбросов, нормативов допустимых сбросов, технологических нормативов, и одобренный Межведомственной комиссией по рассмотрению программ повышения экологической эффективности)

Ресурсосбережение – фундаментальная составляющая хозяйственного развития объекта, определяющая его устойчивость в комплексе со стратегиями обеспечения качества объектов, сохранения и защиты окружающей среды, поддержания условий социальной ответственности и безопасности труда

САК – системы автоматического контроля

Стекло – аморфное тело, получаемое путем переохлаждения расплава независимо от его химического состава и температурной области затвердевания и обладающее в результате постепенного увеличения вязкости механическими свойствами твердых тел, причем процесс перехода из жидкого состояния в стеклообразное должен быть обратимым

ТП – технологические показатели (показатель содержания загрязняющих веществ в отходящих газах или сточных водах, достижимый при применении НДТ, выраженный в единицах концентраций (мг/м^3 отходящих газов, мг/дм^3 сточных вод) или в удельных единицах (кг/т продукции, кг/ГДж произведенной энергии и др.), установленный в отраслевом ИТС НДТ)

Цемент – порошкообразный строительный вяжущий материал, обладающий гидравлическими свойствами, состоит из клинкера и, при необходимости, гипса или других материалов, содержащих в основном сульфат кальция, минеральных добавок

Шлак (металлургический) – многокомпонентный расплав или твердое вещество переменного состава, покрывающие поверхность жидкого продукта при металлургических процессах, получаемые при плавке шихты, обработке расплавленных промежуточных продуктов и рафинировании металлов, и состоящие из пустой породы, флюсов, золы топлива, сульфидов и оксидов металлов, продуктов взаимодействия обрабатываемых материалов и футеровки плавильных агрегатов

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации с 2014 года осуществляется переход к наилучшим доступным технологиям (НДТ), суть которого состоит в эколого-технологической трансформации промышленности, направленной на последовательный отказ от устаревших технологий и повышение ресурсной (в том числе энергетической) и экологической эффективности производства.

Предприятия отраслей (подотраслей) производства высокотемпературных неметаллических материалов стали одними из пилотных объектов, на базе которых были выполнены проекты по оценке ресурсной и экологической эффективности и установлению показателей НДТ. Так, например, в 2019-2022 гг. многие предприятия по производству цемента разработали программы повышения экологической эффективности (ППЭЭ) и получили комплексные экологические разрешения (КЭР). Вместе с этим, результаты применения (внедрения) НДТ, реализации ППЭЭ, создания систем автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ требуют оценки и систематизации.

Производство всех высокотемпературных материалов является чрезвычайно энергоемким процессом, связанным со значительными выбросами в атмосферу загрязняющих веществ. Производство цементного клинкера во вращающихся печах или в других печах (с проектной мощностью 500 тонн в сутки и более); извести (негашеной, гашеной) при наличии печей (с проектной мощностью 50 тонн в сутки и более); стекла и изделия из стекла, включая стекловолокно (с проектной производительностью 20 тонн в сутки и более); огнеупорных керамических изделий и строительных керамических материалов (с проектной мощностью 150 тонн в сутки и более), а также керамических или фарфоровых изделий, кроме огнеупорных керамических изделий и строительных керамических материалов (с проектной мощностью 150 тонн в сутки и более и (или) с использованием обжиговых печей с плотностью садки на одну печь, превышающей 300 кг на 1 куб. метр), согласно постановлению Правительства Российской Федерации [1] отнесено к объектам I категории, предприятия обязаны будут получать КЭР и демонстрировать соответствие требованиям НДТ.

Справочники по НДТ содержат описание технологических процессов и особенностей используемых материалов и оборудования, применяемых при производстве различных материалов. Так, в

ИТС 6-2024 [2] представлен обзор современных технологий, позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, сократить потребление минерального сырья, повысить энергоэффективность и обеспечить ресурсосбережение. Из описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов определены решения, являющиеся НДТ. Аналогичные материалы, касающиеся производства керамических изделий (керамического кирпича и камня, керамической плитки, огнеупорных изделий, санитарно-технических изделий из керамики, посуды и декоративных изделий (хозяйственно-бытовой керамики), керамики технического назначения, в том числе керамических изоляторов и керамических пропантов), содержатся в ИТС 4-2023 [3], различных видов стекла (листового, тарного и сортового стекла, стекловолокна и силиката натрия растворимого) – в ИТС 5-2022 [4], а производство извести (негашеной, гашеной и гидравлической) – в ИТС 7-2022 [5].

Предприятия при мониторинге степени соблюдения установленных требований НДТ оценивают как сами технологические и технические решения, так и соблюдение обязательных отраслевых технологических показателей (ТП) НДТ. Технологические показатели по каждой отрасли устанавливаются в соответствующих нормативных документах.

Технологические показатели НДТ производства керамических изделий установлены в приказе Минприроды России [6] (приказ вступил в силу с 01.03.2025 и действует в течение шести лет).

Технологические показатели НДТ производства стекла установлены в приказе Минприроды России [7] (приказ вступил в силу с 01.03.2024 и действует в течение шести лет).

Технологические показатели НДТ производства цемента установлены в приказе Минприроды России [8] (приказ вступил в силу с 01.09.2024 и действует в течение шести лет). До 01.09.2024 действовал приказ Минприроды России [9].

Технологические показатели НДТ производства извести установлены в приказе Минприроды России [10] (приказ вступил в силу с 01.03.2024 и действует в течение шести лет).

1. Ошибки, встречающиеся в документах при подготовке заявки на получение комплексного экологического разрешения

1.1. Производство цемента

1. Технологические показатели НДТ производства цемента различаются в зависимости от срока введения в эксплуатацию технологических линий, и это следует учитывать при сопоставлении ТП на источнике загрязнения атмосферного воздуха (ИЗАВ) с соответствующим технологическим показателем НДТ.

2. В обосновывающих документах, приложенных к Заявке на получение КЭР, в ряде случаев отсутствует пояснительная записка к заявке на получение КЭР, что затрудняет экспертную оценку заявки.

3. В разделе 1.1 Заявки на получение КЭР не указано, какие виды продукции и в каком количестве производятся на Объекте на момент подачи Заявки на получение КЭР и что планируется производить в период 2024-2030 гг. (2025-2031 гг.).

4. В ряде случаев, согласно данным, приведенным в обосновывающих документах, невозможно сделать вывод о том, соответствуют ли значения ТП ИЗАВ ТП НДТ. И, следовательно, требуется ли разработка ППЭЭ.

5. Если по одному из маркерных веществ ТП на ИЗАВ превышает ТП НДТ маркерного вещества, то требуется разработка ППЭЭ. ППЭЭ должна получить одобрение Межведомственной комиссией (МВК). В «Разделе 1.7. Информация о реализации программы повышения экологической эффективности» Заявки на получение КЭР следует привести сведения о наличии одобренного проекта ППЭЭ и приложить одобренную МВК ППЭЭ. Некоторые предприятия указывают в Разделе 1.7 Заявки на получение КЭР, что проект ППЭЭ разработан и представлен в материалах Заявки на получение КЭР. Однако не предоставлен документ, подтверждающий одобрение проекта ППЭЭ со стороны МВК (уведомление об одобрении проекта ППЭЭ). Но встречается и противоположная ситуация. Одно предприятие несколько раз подавало в МВК ППЭЭ, но программа так и не была одобрена, поскольку предприятие не устраняло указанные замечания. Несмотря на это предприятие стало подавать Заявку на получение КЭР и в Разделе 1.7

указало, что ППЭЭ получила одобрение МВК. Такая позиция предприятия недопустима, это является подлогом документов.

6. Некоторые предприятия для осуществления процесса обжига клинкера используют альтернативные виды топлива, что указывается в приложенных документах. Однако в Заявке на получение КЭР не указано в каких объемах будут использоваться альтернативные виды топлива, применение которых запланировано с 202_ г. – автомобильные покрышки; отходы резины и РТИ; смесь нефтешламов, отходов нефтепереработки, древесной пыли; топливо твердое из бытовых отходов; древесная (деревосодержащая) пыль и щепа, в том числе изготовленная из ж/д шпал; топливо твердое из отходов, образующихся в результате утилизации автомобилей, и др.

7. В таблице 2.1 Заявки на получение КЭР не корректно представлены сведения о применяемых на объекте, оказывающем негативное влияние на окружающую среду (объект ОНВ), технологиях, показатели воздействия на окружающую среду которых не превышают установленные ТП НДТ. Необходимо указать только те технологии/маркерные вещества, которые соответствуют НДТ и для которых установлены ТП в приказе Минприроды России [8].

8. В разделе 2.1 Заявки на получение КЭР нужно указать /оставить только те позиции, по которым достигаются показатели НДТ, указанные в приказе Минприроды России [8]. Не следует указывать горизонтальные справочники по НДТ, в которых не устанавливаются ТП НДТ. Кроме того, здесь не следует указывать удельный расход топлива на обжиг клинкера и удельный расход электроэнергии.

9. Наименование показателя загрязняющего вещества следует привести в соответствие с действующей редакцией приказа Минприроды России. Наименования всех маркерных веществ, для которых установлены отраслевые ТП производства цемента, должны быть приведены в соответствии с приказом Минприроды России [8].

10. Часто объекты технологического нормирования (ОТН), указанные в разделе 2.2.3 Заявки на получение КЭР, выбраны не корректно. ТП НДТ установлены для технологической линии. Вероятно, при актуализации ИТС 6-2024 [2] следует более четко указать, что технологическая линия – это обжиговый агрегат (вращающаяся печь). Причем для предприятий сухого способа производства, в случае если печные дымовые газы направляются сначала в сырьевую мельницу, а

лишь затем выбрасываются в атмосферу, под технологической линией следует понимать симбиоз вращающейся печи и сырьевой мельницы. Если на предприятии несколько вращающихся печей – стационарных источников, то в Заявке на получение КЭР необходимо указать сведения по каждому стационарному источнику.

11. По ряду предприятий перечень ТП определен не корректно. Чаще всего это относится к выбросам оксидов азота NO_x. Предприятия либо указывают по отдельности выбросы/ ТП на ИЗАВ по NO и NO₂, либо считают сумму NO и NO₂. В действительности, согласно приказу Минприроды России [8], оксиды азота надо представлять суммарно, в пересчете на азота диоксид ($NO_x = NO \cdot 1,53 + NO_2$).

12. У ряда предприятий в обосновывающих документах, приложенных к Заявке на получение КЭР, присутствует понятие «производственные сточные воды», при этом согласно ИТС 6-2024 [2] при производстве цемента производственные сточные воды не образуются, что также отражено в приказе Минприроды России [8] (отсутствуют ТП по сбросам загрязняющих веществ). Согласно томам НДС, у Заявителя существуют только сбросы хозяйственно-бытовых и поверхностных сточных вод. Данное разночтение следует исключить, уточнив информацию, обеспечив соответствие сведений, приведенных в Заявке на получение КЭР, информации, приведенной в обосновывающих материалах. В тех случаях, когда цементные заводы осуществляют очистку загрязненных сточных вод на собственных сооружениях, они могут руководствоваться подходами, описанными в ИТС 8-2022 [11]. И это обязательно должно быть отмечено в материалах Заявки на получение КЭР. Вероятно, что при следующей актуализации отраслевого справочника, следует учесть сложившуюся практику и установить особые показатели для очистки ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод таких предприятий.

13. Некоторые предприятия в Разделе 5 Заявки на получение КЭР прикладывают подписанную программу производственного экологического контроля (ПЭК), хотя необходимо предоставлять проект программы ПЭК.

14. Согласно пункту 3.1 статьи 67 Федерального закона [12] предусмотрено, что программа ПЭК для объектов I категории, указанных в пункте 9 статьи 67 Федерального закона [12], дополнительно содержит программу создания системы автоматического контроля (САК) или

сведения о наличии САК, созданной в соответствии с Федеральным законом [12]. Однако в ряде Заявок на получение КЭР отсутствуют сведения о программе создания системы САК или же неверно рассчитаны выбросы загрязняющих веществ на ИЗАВ в кг/ч, и предприятие указывает, что не следует оснащение данного ИЗАВ системой автоматического контроля и учета показаний. Так одно из предприятий неверно произвела пересчет выбросов загрязняющих веществ из в т/год и в кг/час – в результате значения были занижены в 10 раз.

15. В ряде случаев, представленные в разделах Заявки на получение КЭР сведения не соответствуют сведениям из прилагаемых к Заявке на получение КЭР документам. В прилагаемых документах некоторых предприятий отсутствуют протоколы инструментальных изменений загрязняющих веществ по ИЗАВ.

1.2. Производство извести

1. Технологические показатели НДТ производства извести различаются в зависимости от технологического процесса – типа используемого печного оборудования и вида топлива. Это следует учитывать при сопоставлении технологического показателя на ИЗАВ с соответствующим ТП НДТ.

2. Не указывается, какой производственный процесс реализуется на Объекте, в зависимости от которого, изменяются ТП НДТ. Например, согласно приказу Минприроды России [15], при производстве извести во вращающейся печи с использованием природного газа, ТП выбросов взвешенных веществ – менее 1,0; а при использовании мягких карбонатных пород – менее 1,9 кг/т. На предприятии используют известняк, который относится к твердой карбонатной породе. Мягкая порода – это мел. Таким образом, указывая ТП НДТ по выбросу взвешенных частиц 1,9 кг/т извести, предприятие «увеличило» себе разрешенные выбросы в 1,9 раза и ушло от разработки программы ППЭЭ. Если же действительно на предприятии реализуется процесс с «уникальным» известняком, то тогда следовало бы предоставить Протокол аккредитованной лаборатории по определению твердости и предела прочности при сжатии известняка и подтверждению его твердости.

3. В ряде случаев предприятия указывают неверно ОТН. Например, указываются все ИЗАВ, относящиеся к цеху обжига извести, в том числе

все неорганизованные источники выбросов. Есть предприятия, где известь производят на 2-х разных группах печей (например, в шахтных печах с использованием природного газа и шахтных печах с использованием твердого топлива). Для каждого типа печей установлены свои ТП НДТ. Но, когда специалисты рассчитывают ТП в кг/т извести, они берут общее количество извести, выпущенное всеми печами, а не отдельно по каждой группе. Или другой пример – есть три шахтных печи, работающие на одном виде топлива, но с разными характеристиками, разной производительности. Предприятием приведены данные по выпуску извести на каждой печи и по выбросам загрязняющих веществ по каждой печи, что позволяет рассчитать удельное значение выбросов в кг/т извести по каждой печи. Однако предприятие складывает выбросы каждого загрязняющего вещества по трем ИЗАВ и делит на суммарный выпуск извести по трем печам. В разделе 2.2.2 Заявки на получение КЭР предприятие показывает усредненное значение ТП, что не соответствует действительности, как «средняя температура по больнице». Кроме того, ТП на ИЗАВ указывают для режима розжига печи, при котором известняк в печь не подается, а сами выбросы при этом режиме рассчитываются, а не измеряются.

4. В разделе 2.1 Заявки на получение КЭР нужно указать /оставить только те позиции, по которым достигаются показатели НДТ, указанные в приказе Минприроды России [10]. Не следует указывать горизонтальные справочники по НДТ, в которых не устанавливаются технологические показатели НДТ.

5. В разделе 2.1 в таблице в графе «Наименование документа, которым установлены технологические показатели НДТ» следует указывать приказ Минприроды России [10]. Зачастую в Заявках на получение КЭР в данной графе предприятие указывает, что реквизиты отсутствуют, а ТП не установлены ни по одному из 17 НДТ.

6. Перечень маркерных веществ и ТП определены не всегда верно. Все маркерные вещества следует указывать так, как они поименованы в приказе Минприроды России [10]: взвешенные вещества (к взвешенным относятся все твердые вещества в составе выбросов, включая «Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20-70, а также более 70 процентов»); Азота оксид, Азота диоксид (суммарно в пересчете на азота диоксид); Серы диоксид; Углерода оксид. Неверно указывать, что взвешенные вещества – это частицы РМ10, разнородные по составу

частицы или твердые частицы дымовых газов. Выбросы оксидов азота NO и NO₂ следует указывать суммарно, но не простым сложением, а в пересчете на NO₂ ($NO_x = NO \cdot 1,53 + NO_2$).

7. Следует привести результаты инструментальных измерений маркерных загрязняющих веществ согласно проведенной инвентаризации. И данные результаты указывать как ТП на данном источнике загрязнения. Причем данные по выбросам следует брать на основании протоколов инструментальных измерений, проведенных в 2024 г. Есть предприятие, где выбросы загрязняющих веществ взяты за 2022 год, хотя приводятся данные инвентаризации и за 2024 год. По сравнению с 2022 годом, в 2024 году выбросы по оксидам азота и углероду оксиду сильно выросли. Однако в расчетах предприятие использует меньшие значения выбросов (данные за 2022 год), что приводит к тому, что, технологические показатели на ИЗАВ меньше ТП НДТ. А, если взять результаты инвентаризации 2024 года, то уже ТП на ИЗАВ будут превышать значения ТП НДТ, и предприятию будет необходимо разрабатывать программу ППЭЭ. Что это – ошибка или невнимательность предприятия/консультационной компании или же очередная «хитрость», чтобы уйти от разработки ППЭЭ.

8. В разделах Заявки на получение КЭР 2.2.2 и 2.2.3 следует указать корректные значения фактического ТП и технологического норматива по выбросам взвешенных веществ.

9. Для расчета технологических нормативов приняты не все загрязняющие вещества, указанные в приказе Минприроды России [10]. Чаще всего, не указывают маркерное вещество Сера диоксид. Следует представить данные по выбросам Серы диоксид, либо указать причины отсутствия расчетов по данному загрязняющему веществу. В выбросы взвешенных веществ не включаются оксид кальция и оксид магния, хотя предприятие показывает их в файле ПЭК и в инвентаризации по данному ИЗАВ. В итоге значение выбросов взвешенных веществ снижаются минимум в 2 раза.

10. В материалах Заявки на получение КЭР и в заполненных таблицах на сайте ГИСП часть значений указывается в кг/т извести, а в других – в мг/м³. Это затрудняет сопоставление значений.

11. В материалах Заявки на получение КЭР и в заполненных таблицах на сайте ГИСП значение ТП на источнике загрязнения точно соответствует ТП НДТ по всем маркерным веществам, то есть

предприятие не предоставив расчеты реальных ТП на ИЗАВ, при расчете технологических нормативов использует ТП НДТ.

12. При сопоставлении ТП на ИЗАВ с ТП НДТ часто выявляется превышение по некоторым маркерным веществам значений ТП НДТ. Это означает, что предприятие должно разрабатывать ППЭЭ и только после одобрения МВК проекта ППЭЭ уже переходить к оформлению Заявки на получение КЭР.

13. Представленные в разделах Заявки на получение КЭР сведения частично соответствуют или вообще не соответствуют сведениям из прилагаемых к Заявке на получение КЭР документам. При этом в приложенных файлах «ПЭК» и «Расчет технологических нормативов» приводятся разные данные. Кроме того, у одного из предприятий в утвержденном руководителем «Отчете об инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» все таблицы с заголовками не имеют номеров и пустые, с незаполненными графами. Иначе, как халатностью, это назвать нельзя.

1.3. Производство извести на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности

На большинстве предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) в структуру предприятия входит цех по производству извести в известьеобжигательных или известерегенерационных печах, поскольку известь нужна для каустизация раствора плава (зеленого щелока). И хотя НДТ продукции ЦБП «прописаны» в ИТС 1-2023 [13], в нем отсутствуют НДТ для вспомогательных производственных процессов. А ТП НДТ производства извести установлены в ИТС 7-2022 [5] и приказе Минприроды России [10].

При подаче предприятиями ЦБП Заявок на получение КЭР появляется ряд дополнительных ошибок.

1. В разделе 2.1 Заявки на получение КЭР нужно указать /оставить только те позиции, по которым достигаются показатели НДТ, указанные в приказе Минприроды России [10]. Не следует указывать горизонтальные справочники по НДТ, в которых не устанавливаются ТП НДТ.

2. Перечень маркерных веществ определен не всегда верно. Например, в Заявке на получение КЭР в разделе 2.2.1 по стационарному

источнику «Производство по регенерации и энергетике. Цех каустизации, регенерации извести и подачи химикатов производства по регенерации и энергетике» указаны 6 загрязняющих веществ, по которым установлены ТП выбросов НДТ (Взвешенные вещества (мазутная зола теплоэлектростанций (в пересчете на ванадий), пыль образующаяся при регенерации извести сульфатцеллюлозного производства, бенз(а)пирен), Углерод (пигмент черный или углеродсодержащий аэрозоль (сажа)), азота оксид, азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид). Однако в приказе Минприроды России [10] ТП выбросов НДТ установлены для других загрязняющих веществ – взвешенные вещества (к взвешенным относятся все твердые вещества в составе выбросов, включая «Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 – 70, а также более 70 процентов»), азота оксид и азота диоксид (суммарно в пересчете на азота диоксид), серы диоксид и углерода оксид. То есть предприятие/разработчик документации не учитывает, что по разным производствам (разным ИТС) есть свои маркерные загрязняющие вещества, которые следует правильно обозначить и по ним проводит расчет технологических нормативов.

3. При заполнении таблиц в разделе 2.2.2 Заявки на получение КЭР не указываются сведения о времени работы источников выброса (час/год), что не позволяет проверить правильность указанных значений ТН в г/с.

4. Представленные в разделах Заявки на получение КЭР сведения по большинству предприятий не соответствуют сведениям из прилагаемых к Заявке на получение КЭР документам. Это приводит к тому, что не верно указываются ТП по ИЗАВ и предприятию необходимо разработать программу ППЭЭ и в части производства извести.

1.4. Производство извести на металлургических предприятиях

1. При подготовке Заявки на получение КЭР неверно выбран приказ Минприроды России, устанавливающий ТП НДТ при производстве извести.

2. Не корректно определены стационарные источники в составе ОТН. Предприятия указывают ИЗАВ, для которых не установлены ТП выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при производстве извести, соответствующие НДТ. Указываются все ИЗАВ, относящиеся к цеху/отделению обжига извести, в частности, указывают ИЗАВ с неорганизованными выбросами.

3. Не корректно определены маркерные вещества. Все маркерные вещества следует указывать так, как они поименованы в приказе Минприроды России [10]: взвешенные вещества (к взвешенным относятся все твердые вещества в составе выбросов, включая «Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20-70, а также более 70 процентов»); азота оксид, азота диоксид (суммарно в пересчете на азота диоксид); серы диоксид; углерода оксид. У ряда предприятий в Заявке вместо позиции «Взвешенные вещества» указывают «Кальций», не указывается такое маркерное вещество, как углерода оксид. И, наоборот, к взвешенным веществам не относят кальций оксид, что занижает выбросы взвешенных веществ в несколько раз.

4. Не корректно проведен расчет ТП. На ряду предприятий ТП на источнике в мг/м³ сравниваются с ТП НДТ в кг/т извести.

5. В разделе 2.2.2 Заявки на получение КЭР отсутствуют значения технологических нормативов выбросов по каждому стационарному источнику. Сведения, представленные в сопроводительных документах, не позволяют рассчитать ТП по каждому стационарному источнику.

6. При подаче Заявки на получение КЭР металлургическое предприятие использует несколько информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, в которых содержатся технологические показатели НДТ. Как правило на данном предприятии/Холдинге имеется своя аккредитованная лаборатория, которая и проводит все инструментальные измерения. И не редко для всех технологических процессов используют одни и те же методы и методики. Например, некое предприятие разрабатывает и утверждает Стандарт предприятия (например, СТП __-13.040-12-__-20__ Методика измерений массовой концентрации оксидов азота в пробах промышленных выбросов фотометрическим методом), на основании которого затем на всех обжиговых агрегатах измеряют выбросы оксидов азота, не учитывая возможного диапазона выбросов на том или ином агрегате. Это же предприятие указывает, что использует для определения оксидов азота «Газоанализаторы атмосферного воздуха NOx 2000G». При более детальном ознакомлении с программой ПЭК предприятия оказывается, что данные газоанализаторы установлены в двух передвижных экологических лабораториях (ДИЭМ) для информации о концентрациях загрязняющих веществ на границе санитарно-защитной зоны предприятия. То есть контроль проводится не на источнике выброса.

Отсюда и полученные значения по выбросам оксидов азота в процессе обжига при получении извести вызывают большие сомнения.

1.5. Производство керамических изделий

1. Для производства керамического кирпича ОТН установлены только для процесса обжига. Однако некоторые предприятия некорректно выбирают ОТН, включая в состав ОТН ИЗАВ, относящиеся к другим процессам, например сушка (за исключением кольцевых печей, когда дымовые газы отводятся в сушило).

2. В информационно-техническом справочнике по НДТ ИТС 4-2023 [3] ТП НДТ для монооксида углерода СО установлены с учетом количества выгорающих добавок в шихте – три разных ТП НДТ, а для диоксида серы SO_2 – с учетом содержания соединений серы в сырье – два разных ТП НДТ. Предприятия некорректно выбирают для сопоставления ТП НДТ, не учитывая фактические значения количества выгорающих добавок в шихте и содержания соединений серы в сырье.

3. Некоторые предприятия при расчете ТП для сбросов некорректно указывают достигаемые ТП на объекте. При этом берут данные НДС, а необходимо брать фактические концентрации.

1.6. Производство стекла

1. Некоторые предприятия по производству стекла не верно определяют ИЗАВ, входящий в область применения ИТС 5-2022 [4], учитывая при этом только стекловарение, забывая про составной цех.

2. При расчете выбросов оксидов азота неправильно рассчитывают сумму оксида и диоксида азота NO_x , либо не используя коэффициент пересчета 1,53, либо используют другие методики (например, коэффициент рассеивания).

3. Ряд предприятий неправильно указывает наименование маркерных веществ. Согласно приказу Минприроды России [7], к маркерным веществам при производстве стекла относятся азота диоксид и азота оксид (суммарно, в пересчете на азота диоксид); углерода оксид и пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20 - 70, а также более 70 процентов. Предприятия вместо «пыли неорганической» (коды 2907-2909) указывают «взвешенные вещества» (код 2902).

4. В ряде случаев отсутствуют инструментальные измерения на основных источниках (то учитывают составной цех, но не учитывают обжиговой, то наоборот, забывают про составной цех).

5. Согласно приказу Минприроды России [7], значение ТП должно указываться в кг/т сваренной стекломассы. Зачастую, предприятие указывает ТП на объекте в т/т готовой продукции.

6. Неправильное определение значения ТП по ОНВ в целом (забывают сложить ОТН по каждому маркерному веществу).

7. Использование расчетных методик там, где должны быть инструментальные измерения, в результате указанные значения являются нерепрезентативные.

8. Для ряда предприятий неверно определены места проведения замеров загрязняющих веществ, при этом погрешность измерений на трубе у многих превышает 50 %.

9. 90 % замечаний Росприроднадзора к материалам Заявки на получение КЭР связаны с разделом 4 – отходы. Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение выполнен очень плохо.

10. Некоторые предприятия приводят некорректные данные о выпуске продукции – с одной стороны Росприроднадзор требует данные по инвентаризации, проведенной перед подачей Заявки на получение КЭР, а с другой стороны, при расчетах используют данные по году с максимальным выпуском продукции. А в текущих условиях на многих предприятиях выпуск продукции снижается.

2. Ошибки, встречающиеся в программах повышения экологической эффективности, разрабатываемых предприятиями

2.1. Производство цемента

1. При описании процесса производства цемента следует конкретно описать особенности своего предприятия, а не теорию производства цемента в целом.

2. Не указан ассортимент цементов, выпускаемых на предприятии. Данные по производству цемента за год, предшествующий подаче ППЭЭ, отсутствуют.

3. В представленном проекте ППЭЭ некоторых предприятий к источникам выбросов загрязняющих веществ, подлежащих технологическому нормированию при производстве цемента, ошибочно отнесены пересыпка шлака с транспортера на склад цеха, цементные мельницы и др.

4. В проекте ППЭЭ 2023 г. приведен анализ соответствия технологий уровню НДТ, определенных в ИТС 6-2015[14] (16 НДТ), что является неверным, поскольку на момент подачи ППЭЭ ИТС 6-2015 [14] не действовал.

5. В проекте ППЭЭ отсутствуют сведения (протоколы инструментальных измерений), подтверждающие представленные предприятием данные.

6. В проекте ППЭЭ сказано, что на предприятии выбросы азота диоксида (код 0301) и азота оксида (код 0304), а также серы диоксида (код 0330) и углерода оксида (код 0337) не превышают установленные ТП НДТ. Однако к проекту ППЭЭ не приложены протоколы инструментальных измерений загрязняющих веществ по источнику выбросов ИЗАВ. С данными, представленными в дополнительных материалах (Фактическая концентрация загрязняющих веществ – Источник выброса №_, вращающаяся печь №_) – выбросы оксида азота – 18,266 мг/м³, а диоксида азота – 58,450 мг/м³ – согласиться нельзя. Во-первых, без применения горелок со сниженным образованием оксидов азота и системы селективного каталитического восстановления оксидов азота, добиться концентрации NOx в отходящих газах порядка 500 мг/м³ невозможно, и тем более 86,4 мг/м³, как указывает предприятие. Во-вторых, отходящие газы вращающейся печи содержат ~ 95 % NO и 5 %

NO₂. На воздухе NO трансформируются в NO₂, и уже на границе санитарно-защитной зоны соотношение NO и NO₂ близко к тому, что указано в ППЭЭ. Приведенные с точностью до третьего знака после запятой значения концентраций оксидов азота являются расчетными. Поэтому представленные значения не могут служить подтверждением того, что концентрации оксидов азота в отходящих газах вращающейся печи не превышают установленные ТП НДТ.

7. При разработке проекта ППЭЭ одно из предприятий указало, что выбросы пыли неорганической с содержанием кремния менее 20 процентов (код 2909) на печи мокрого способа производства составляют 827 мг/м³ и ниже, чем ТП НДТ. Однако указанное значение превышает установленный отраслевой ТП НДТ, установленный приказом Минприроды России [8] – суммарно ≤ 250 мг/м³. По-видимому, предприятие при разработке ППЭЭ ориентировалось на недействующий приказ Минприроды России [9], что является ошибкой.

8. При описании технологического процесса производства следует исключить разночтения о выбросах загрязняющих веществ при складировании сырьевых материалов – при транспортировке и помоле сырья могут быть выбросы взвешенных веществ (пыли известняка, глинистых материалов), но никак не оксидов алюминия Al₂O₃, оксидов кальция CaO, оксидов магния MgO и др., которые в сырьевых материалах присутствуют в химически связанном состоянии.

9. В проекте ППЭЭ одного из предприятий сказано, что на предприятии фактические концентрации суммы оксидов азота, серы диоксида и углерода оксида не превышают установленные ТП НДТ. При этом в приведенном протоколе испытаний отмечается, что были измерены только значения по выбросам азота оксида NO. Измеренные значения: ВП № 1 левая секция – 247+12 мг/м³; ВП № 1 правая секция – 211+11 мг/м³. Согласно ИТС 6, ТП НДТ устанавливается для NO_x – общего фактического содержания оксидов азота (NO и NO₂), в пересчете на NO₂. При этом NO_x = NO/0,13 или NO_x = NO₂/0,8. При пересчете, общее содержание оксидов азота NO_x составляет: ВП № 1 левая секция – 1900+92 мг/м³; ВП № 1 правая секция – 1623+84 мг/м³. Аналогичные значения были получены и по другим вращающимся печам этого предприятия. Полученные значения 1623-1900 мг/м³ на ИЗАВ превышают технологический показатель НДТ (менее 800 мг/м³). Таким образом, фактические выбросы оксидов азота NO_x существенно превышают ТП

НДТ, и предприятию необходимо предусмотреть в ППЭЭ мероприятия по снижению выбросов оксидов азота.

10. В проекте ППЭЭ имеются разночтения в сроке начала и окончания реализации ППЭЭ.

11. На ряде предприятий представленный перечень мероприятий и сроки их выполнения являются необоснованными и подлежат корректированию. Например, на одном из цементных предприятий планируют в течении 5,5 лет проводить только такие первичные технические решения, как оптимизация процесса обжига и охлаждение пламени факела. Во-первых, это очень большой срок для реализации данных решений, а, во-вторых, применение только данных технических решений не позволит снизить выбросы оксидов азота с 1620-2290 мг/м³ до менее 800 мг/м³.

12. Технологические решения, использованные при разработке проекта ППЭЭ, не соответствуют используемым в настоящее время методам сокращения НВОС.

13. Проведение инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух не входят в состав ППЭЭ.

2.2. Производство извести

1. В проекте ППЭЭ неверно включаются мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ. Например, на одном предприятии проект ППЭЭ включает материалы, касающиеся расчетов гигиенических нормативов выбросов по всем загрязняющим веществам, нормативов допустимых выбросов на границе санитарно-защитной зоны и жилой зоны, что является неверным.

2. На предприятии выбросы нескольких загрязняющих веществ, например, взвешенных веществ и оксидов серы, превышают ТП НДТ. Однако в проекте ППЭЭ содержатся только мероприятия по снижению выбросов одного ЗВ – оксида серы, и отсутствуют мероприятия по снижению выбросов второго ЗВ – взвешенных веществ.

3. В ряде случаев разработчики проекта ППЭЭ неверно указывают объем финансирования всего проекта.

3. Анализ по стоимости различных технических решений

Стоимость различных технических решений определяется особенностями осуществления технологического процесса на предприятии, количество печей. И, хотя, указанные финансовые средства, это средства самих предприятий, в ряде случаев разница в стоимости технического решения очень большая.

1. Стоимость проекта по модернизации электрофильтра на рукавный фильтр на одном предприятии составляет 660 млн. рублей, на другом – стоимость проекта по замене старого электрофильтра на новый современный рукавный фильтр с импульсной регенерацией для фильтрации газов и выбросов оксидов азота составляет 175,5 млн. рублей. На одном из предприятий планируются мероприятия по замене старых электрофильтров на газоочистное оборудование нового поколения на 4-х вращающихся печах с запечными теплообменниками. Общая стоимость проекта составляет 7 278 452,09 тыс. рублей, то есть по одной печи стоимость составит более 1 800 млн рублей.

2. Стоимость проекта по реализации технологии селективного некаталитического восстановления оксидов азота (SNCR) в сочетании с оптимизацией процесса обжига на одном предприятии составляет 120 млн. рублей (1 печь), а на ряде других – 50-60 млн. рублей.

3. Техническое перевооружение отделения по приготовлению форсуночного топлива вращающейся печи обжига, с установкой горелок с низким выделением NOx - 150 млн рублей для одних предприятий, для других – стоимость проекта по установке многоканальных топливных горелок составляет 250 млн. рублей (2 печи), а для третьих – замена главной горелки печного агрегата на горелку с «низким выделением NOx» - 22,0-30,0 млн руб. (сухой способ производства цемента)

4. Охлаждение пламени факела – подача воды в факельное пространство главной горелки – 6-8 млн руб.

5. Дооборудование цеха обжига установкой генерации кислорода для доокисления оксида углерода в декарбонизаторе либо отходящих печных газах. Общая стоимость мероприятий поэтапного достижения технологических нормативов 410 млн. рублей.

6. Стоимость мероприятий по техническому перевооружению системы подачи топлива для трех известерегенерационных печей – перевода с мазута на газ составляет 172 000 тыс. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наилучшие доступные технологии, получившие закрепление в российском законодательстве как основа эколого-технического регулирования, обладают более широким потенциалом и должны рассматриваться как комплексный механизм обеспечения устойчивого экономического роста, повышения ресурсной эффективности производства и перехода к экономике замкнутого цикла. Данный механизм позволяет проводить сравнительный анализ применяемых в промышленности технологических процессов с использованием объективных и научно обоснованных показателей ресурсной и экологической эффективности, принимать управленческие решения и осуществлять хозяйственную деятельность, учитывая как текущие и перспективные требования в области экологической промышленной политики, так и климатическую повестку.

В комплексе эти показатели дают возможность реалистично оценивать сегодняшний уровень технологического развития предприятий и ставить цели по его совершенствованию. Помимо подготовки заявок на получение КЭР или разработки проектов ППЭЭ, предприятия на основе оценки реализованных ими технологических процессов могут оценить возможность получения мер государственной поддержки и (или) перспективы доступа к зеленому финансированию для реализации инвестиционных проектов.

Более половины предприятий по производству высокотемпературных неметаллических материалов (производство цемента, продукции из стекла и изделий из керамики) для получения КЭР разрабатывали ППЭЭ, инвестируя собственные средства в модернизацию производства. Лидером по разработке и реализации ППЭЭ являются предприятия по производству цемента, что свидетельствует о высокой отраслевой результативности (действенности) экологической промышленной политики.

Намечающийся отраслевой декарбонизация прослежена на примере производства цемента. К настоящему времени около 70 % предприятий цементной отрасли (что выше, чем средний показатель по всем областям применения НДТ) получили КЭР и доказали тем самым вклад в сокращение негативного воздействия на окружающую среду, повышение эффективности использования природных ресурсов, а также вовлечение в производство ресурсов вторичных (металлургических шлаков и

альтернативного топлива). Последнее обстоятельство способствует формированию межотраслевых связей, необходимых для построения экономики замкнутого цикла.

Технологические показатели НДТ должны устанавливаться на технологически и технически обоснованном, достижимом уровне таким образом, чтобы стимулировать часть отраслевых предприятий для соответствия НДТ к разработке и реализации ППЭЭ. При этом в производстве стекла и керамики доля объектов, разрабатывающих проекты ППЭЭ, стремится к нулю, что говорит о целесообразности обсуждения сложившейся ситуации с отраслевыми объединениями и регуляторами.

Таким образом, эколого-технологическая трансформация отечественной цементной промышленности идет активно, и ее результаты свидетельствуют о действенности экологической промышленной политики. Информационно-технические справочники по НДТ, в которых установлены численные показатели ресурсной (в том числе энергетической) и экологической эффективности, регуляторы используют сегодня при принятии решений о дальнейшем развитии экономики и достижении национальных целей развития, поставленных Президентом Российской Федерации: «Экологическое благополучие», «Технологическое лидерство» и «Устойчивая и динамичная экономика».

Контрольные вопросы

Будут ли являться ошибочными при подготовке заявки на получение комплексного экологического разрешения следующие позиции:

1. При превышении технологического показателя маркерного вещества на источнике загрязнения атмосферного воздуха отраслевого технологического показателя наилучших доступных технологий не следует разрабатывать программу повышения экологической эффективности.

2. Указание наименования маркерных веществ, для которых установлены отраслевые технологические показатели отличного от наименования, установленного действующим приказом Минприроды России «Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства цемента».

3. На предприятии по производству целлюлозно-бумажной продукции производят известь для собственных нужд. При этом разработчики заявки используют только один нормативный документ в области охраны окружающей среды («Технологические показатели наилучших доступных технологий целлюлозно-бумажного производства».

4. Несоответствие сведений, представленных в разделах заявки на получение комплексных экологических разрешений, сведениям из прилагаемых к такой заявке документам.

5. Отсутствие указаний того, какой производственный процесс реализуется на объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду, в зависимости от которого устанавливаются технологические показатели наилучших доступных технологий.

6. Определение показателей выбросов оксидов азота NO и NO₂ суммарно путем простого сложения.

7. Значение выбросов оксидов азота NO и NO₂ указано на границе санитарно-защитной зоны.

8. При определении стационарных источников в составе объекта технологического нормирования указаны источники загрязнения атмосферного воздуха, для которых не установлены технологические показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Литература

1. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 № 2398 // Собрание законодательства Российской Федерации. – 11.01.2021 – № 2 (Часть II). – ст. 447.

2. ИТС 6-2024. Производство цемента: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2024. – 298 с.

3. ИТС 4-2023. Производство керамических изделий: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2023. – 319 с.

4. ИТС 5-2022. Производство стекла: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2022. – 140 с.

5. ИТС 7-2022. Производство извести: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2022. – 158 с.

6. Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства керамических изделий»: приказ Минприроды России от 11.11.2024 № 654 // СПС «КонсультантПлюс».

7. Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства стекла»: приказ Минприроды России от 12.07.2023 № 427 // СПС «КонсультантПлюс».

8. Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства цемента»: приказ Минприроды России от 13.12.2023 № 826 // СПС «КонсультантПлюс».

9. Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных

технологий производства цемента»: приказ Минприроды России от 02.04.2019 № 210 // СПС «КонсультантПлюс».

10. Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды «Технологические показатели наилучших доступных технологий производства извести»: приказ Минприроды России от 29.06.2023 № 404 // СПС «КонсультантПлюс».

11. ИТС 8-2022. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2022. – 93 с.

12. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 14.01.2002 – № 2. – ст. 133.

13. ИТС 1-2023. Целлюлозно-бумажное производство: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2023. – 459 с.

14. ИТС 6-2015. Производство цемента: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Издание официальное. – Москва: Бюро НДТ, 2015. – 305 с.

Для заметок

Методические рекомендации

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТОВ ПРОГРАММ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЗАЯВОК НА ПОЛУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ

Производство высокотемпературных
неметаллических материалов



Подписано в печать 28.04.2026.
Формат А4, тираж 50 экз.
Заказ №940
Отпечатано в типографии «Хорошопринт»
г. Москва



Москва, 2026