

Министерство образования и науки Украины  
Харьковский национальный университет  
городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

На правах рукописи

ВЯТКИН КОНСТАНТИН ИГОРЕВИЧ

УДК 666.942

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ  
ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

Специальность: 05.23.05. - Строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
Рыщенко Татьяна Дмитриевна  
кандидат технических наук,  
доцент

Харьков - 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
<b>РАЗДЕЛ 1</b>	<b>11</b>
РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА	
1.1. Вяжущие материалы на основе вторичных ресурсов	11
1.2. Процессы, протекающие при обжиге портландцементного клинкера	17
1.3. Образование и переработка нефтешламов	27
1.4. Цели и задачи исследования	32
<b>РАЗДЕЛ 2</b>	<b>35</b>
ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	
2.1. Характеристика исходных сырьевых материалов	35
2.2. Методы исследования	44
<b>РАЗДЕЛ 3</b>	<b>46</b>
ОБОСНОВАНИЕ                ВЕРОЯТНОСТИ                ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОШЛАМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА	
3.1. Формирование базы данных	46
3.2. Исследование газошламов	53
3.2.1. Химический состав газошламов	64
3.2.2. Фазовый состав газошламов	64
3.3. Исследование возможности использования твердых шламов переработки газового конденсата в производстве портландцемента	70
3.4. Выводы по разделу	76
<b>РАЗДЕЛ 4</b>	<b>78</b>
ПОЛУЧЕНИЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА	
4.1. Разработка составов портландцемента с использованием добавки	78

твердого отхода переработки газового конденсата	
4.2. Исследование процессов фазообразования в сырьевых смесях портландцемента с органо-минеральной добавкой	82
4.3. Исследование продуктов гидратации разработанного портландцемента с органо-минеральной добавкой	103
4.4. Выводы по разделу	106
<b>РАЗДЕЛ 5</b>	<b>109</b>
<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С ОРГАНО- МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКОЙ</b>	
5.1. Разработка технологии портландцемента с органо-минеральной добавкой	109
5.2. Технико-экономический расчет технологии портландцемента органоминеральной добавкой	119
5.3. Выводы по разделу	122
<b>ВЫВОДЫ</b>	<b>124</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>127</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	<b>139</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Первые попытки утилизации производственных отходов в том числе от газопереработки и нефтехимии были предприняты в 50-60-е годы прошлого столетия. Тогда возникли тенденции к применению так называемых технологий рассеивания вредных воздушных выбросов в атмосферу с помощью строительства высоких заводских труб и слива жидких стоков в моря и реки, с помощью строительства удлиненных систем канализации. Однако биологические, биохимические процессы не решали проблему защиты окружающей человека природной среды.

В 70-е годы стали разрабатывать кольцевые технологии, использующие принцип улавливания выбросов в атмосферу, очистки сточных вод и обезвреживания твердых отходов, идущих на свалку. Благодаря этому удалось уменьшить вредное влияние промышленного производства на окружающую среду. Появилась новая отрасль, производящая оборудование для этой цели, внедрение которого требует значительных капиталовложений и энергетических затрат.

В середине 80-х годов в связи с повышением цен на первичное сырье и накоплением огромного количества производственных отходов в свалочных хранилищах начали разрабатываться технологии вторичной переработки отходов производства с целью получения товарной продукции и защиты окружающей среды.

Шламы газопереработки, являясь одним из основных отходов газоперерабатывающих предприятий, продолжают накапливаться на очистных сооружениях отрасли. При этом под шламонакопители отводятся новые земельные площади, что приводит к ухудшению экологической обстановки, так как шламовые амбары являются источником загрязнения почвы и грунтовых вод. Так, на ГПЗ при переработке 1 тыс. т газа образуется от 1 до 3 т газошлама.

На предприятиях газодобывающей, газоперерабатывающей и

газохимической промышленности страны накоплено более 7 млн. т. газошамов, которые образовались вследствие технологических процессов, ремонта оборудования и очистки резервуаров.

В настоящее время газовые шламы являются перспективным топливом, поэтому учитывая сложившийся в Украине дефицит энергоносителей, представляется целесообразным подготовленные газовые шламы и отложения использовать в качестве компонентов котельных топлив, а также в качестве самостоятельного топлива, либо как выгорающая добавка в высокотемпературных процессах, в частности при производстве строительных материалов. Поскольку цементы являются одним из наиболее распространенных компонентов строительства, актуальной является проблема использования отходов газопереработки в производстве портландцементного клинкера.

С этой точки зрения представляют интерес отходы, которые образуются при очистке и разгонке природного газа в Шебелинском отделении по переработке газового конденсата и нефти ПАО «Укргаздобыча» НАК «Нефтегаз Украины», представляющие собой смесь органических и минеральных веществ, способных при температуре синтеза портландцемента повышать температуру обжига клинкера за счет выгорания органической составляющей и способствовать ускорению процессов минералообразования за счет взаимодействия его компонентов с неорганической составляющей отходов.

**Связь работы с научными программами, планами, темами:**  
Диссертационная работа выполнялась на кафедре Технологии строительного производства и строительных материалов Харьковского национального университета городского хозяйства имени А. Н. Бекетова в рамках госбюджетной темы МОН Украины «Материаловедческие и технологические решения при возведении и реконструкции зданий и сооружений» (№ ДР 0112U001843), где соискатель был исполнителем отдельных этапов теоретических и экспериментальных исследований.

**Целью** данной работы является теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение использования отходов переработки газового конденсата в производстве портландцемента для снижения температуры синтеза клинкера.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить **следующие задачи:**

1. Термодинамически обосновать возможность синтеза основных клинкерных минералов при более низких температурах в условиях использования шлама переработки газового конденсата в качестве органо-минеральной добавки.
2. Обосновать введение оптимального количества шлама переработки газового конденсата в состав исходной смеси портландцементного клинкера.
3. Изучить процессы минералообразования, протекающие в портландцементной сырьевой смеси.
4. Изучить процессы гидратации портландцемента с органо-минеральной добавкой.
5. Изучить физико-механические свойства полученного клинкера с использованием шлама переработки газового конденсата.

**Объект исследования** – процессы минералообразования и гидратации, протекающие в портландцементе с органо-минеральной добавкой

**Предмет исследования** – портландцементный клинкер с органо-минеральной добавкой.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач применялся комплекс современных методов теоретических и экспериментальных исследований. В работе использовались методики термодинамического анализа химических реакций. Экспериментальные исследования фазового состава клинкера и продуктов гидратации проводилось с использованием комплекса аппаратных физико-химических методов анализа – рентгенофазового (дифрактометр ДРОН-3М), дериватографического

(дериwатограф Q – 1500 Д системы F. Paulik – J. Paulik – L. Erdey), петрографического (3D сканирующий лазерный микроскоп Confotec 150).

Протекание процессов минералообразования исследовалось определением содержания свободного оксида кальция с помощью этил – глицератного метода анализа.

Физико-механические свойства разработанных материалов определялись в соответствии со стандартом ДСТУ EN 196–(1, 3):2007.

#### **Научная новизна полученных результатов:**

– впервые термодинамически обоснована возможность синтеза основных клинкерных минералов  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ,  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ,  $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$  при сниженных температурах в условиях использования шлама переработки газового конденсата в качестве органо-минеральной добавки и установлено, что в присутствии органической составляющей газошлама реакции образования основных клинкерных минералов становятся термодинамически возможными при температуре 800 К;

– впервые исследованы процессы минералообразования, которые протекают в портландцементной сырьевой смеси с добавкой шлама переработки газового конденсата и установлено, что поскольку энергия активации реакции фазообразования (18,21 кДж/моль) на порядок ниже энергии активации реакции разложения  $\text{CaCO}_3$  (209,382 кДж/моль), то образование основных клинкерных минералов начинается в момент разложения карбоната кальция без дополнительных энергетических затрат, которые компенсируются энергией сгорания органической составляющей газошлама;

– получило дальнейшее развитие изучение процессов гидратации портландцемента с органо-минеральной добавкой и установлено, что эффект упрочнения цементного камня обеспечивается изменением характера формирования кристаллогидратных сростков, качественными и количественными изменениями условий кристаллизации основных фаз; наблюдается полное протекание гидратации  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  с одновременным

обеспечением полноты гидратации  $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$ , уменьшением количества выделившегося портландита и увеличением синтезированного этtringита игольчатой морфологии, армирующего кристаллогидратные гетерофазные сростки в структуре цементного камня; увеличивается количество полиморфных модификаций карбонатов кальция; присутствуют гидросиликаты и гидроалюмокарбонаты кальция, способствующие наличию коллоидных компонентов в кристаллогидратных сростках и демпфирующие механические напряжения при росте кристаллов основных фаз.

### **Обоснованность и достоверность научных положений:**

Представленные в диссертационной работе положения, выводы и рекомендации являются достоверными и обоснованными. Достоверность теоретических расчетов и экспериментальных данных подтверждается повторением и согласованностью результатов многопланового эксперимента, проводимого в одних и тех же условиях, а также комплексом современных физико-химических методов анализа. Данные исследований в области твердофазного синтеза и процессов гидратации портландцемента с органоминеральной добавкой не противоречат представлениям теорий минералообразования и твердения вяжущих материалов, в полной мере согласуются с данными других ведущих исследователей в области вяжущих материалов.

**Практическое значение полученных результатов** для строительной отрасли заключается в том, что проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют оптимизировать количество добавки шлама переработки газового конденсата к составу исходной смеси портландцементного клинкера.

Разработана энергосберегающая технология портландцемента, позволяющая снизить температуру синтеза клинкера на 100 – 150 °С. Определены физико-механические и технические свойства цемента. Установлено, что портландцемент, полученный с использованием газошламов, относится к гидравлическим вяжущим материалам с



нормальной густотой 0,27 – 0,29 %, сроками схватывания: начало от 54 до 60 мин., конец от 90 до 150 мин., имеет марку «400».

Разработаны технические условия и технологический регламент и выпущена опытно-промышленная партия портландцемента с органо-минеральной добавкой в условиях ООО НПП «Доминанта» (г. Константиновка Донецкой области). Установлено, что по физико-механическим характеристикам полученный портландцемент полностью соответствует ДСТУ EN 196-(1, 3) : 2007.

Выполненные технико-экономические расчёты показали эффективность внедрения предложенной технологии производства портландцемента с органо-минеральной добавкой. Портландцемент опытно-промышленной партии внедрен на ПКП «Бетоникс» ООО (г. Харьков) и ООО НПП «Доминанта» для производства бетонов различного назначения.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры технологии строительного производства и строительных материалов Харьковского национального университета городского хозяйства имени А.Н. Бекетова при подготовке студентов по специальности 6.06.01.01 – «Строительство».

#### **Личный вклад автора.**

Автором диссертационной работы проведен термодинамический анализ возможности синтеза основных клинкерных минералов в условиях использования шлама переработки газового конденсата в качестве органо-минеральной добавки; исследован шлам переработки газового конденсата и установлена возможность его использования при производстве портландцемента; обосновано введение оптимального количества шлама переработки газового конденсата в состав исходной смеси портландцементного клинкера; изучены процессы минералообразования и гидратации портландцемента с органо-минеральной добавкой; изучено влияние шлама переработки газового конденсата на основные физико-механические свойства портландцемента; разработаны проекты технической

документации и выпущена исследовательско-промышленная партия портландцемента с органо-минеральной добавкой.

Постановка задач исследования, анализ и обсуждение полученных результатов и формулирование выводов проводились соискателем совместно с научным руководителем.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения диссертационной работы были представлены на конференциях: 2<sup>nd</sup> International Scientific Conference European Applied Science: modern approaches in scientific researches, February 18-19, 2013), Науково-практична конференція присвячена міжнародному дню геоінформаційних систем (19 листопада 2014 р., м. Харків), Європейські стандарти економічного розвитку, оцінки, землеустрою та кадастру: шляхи їх реалізації в Україні (26-28 березня 2015 р., м. Харків), VII Міжнародна наука конференція «Ресурс і безпека експлуатації конструкцій будівель та споруд» (20-21 жовтня 2015 р.), Международная научно-практическая конференция «Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения» (28-29 октября 2015 г.) и на кафедре Технологии строительного производства и строительных материалов Харьковского национального университета городского хозяйства имени А. Н. Бекетова.

**Публикации.** Основные положения и научные результаты диссертационной работы опубликованы в 12 научных публикациях, среди них: 1 монография, 7 статей в научных профессиональных изданиях Украины (среди них 2 – в изданиях, включенных в международные наукометрические базы), 4 – в тезисах и материалах конференций. В публикациях отражены основные теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы.

**Структура и объем диссертационного исследования.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, выводов, списка использованных источников, приложений. Полный объем диссертационной работы составляет 171 страницу; среди них 9 рисунков по тексту; 30

рисунков на 16 страницах; 8 таблиц по тексту; 2 таблицы на 3 страницах; список использованных источников информации из 128 наименований на 12 страницах; 7 приложений на 31 странице.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.с. 1231063 СССР, МКИЗ С 08 95/00, С 04 В 26/26. Вяжущее для дорожного строительства / [А.С . Беспалый, Л.Н. Шкарапута, В.В. Даниленко, и др.] (СССР). – № 3763103/23-33; заявл. 04.05.84; опубл. 15.05.86, Бюл. № 18.
2. А.с. 1025712 СССР, МКИЗ С 08 L 95/00. Асфальтобетонная смесь / [К.Ф. Цумчик, С.Л. Вдовиченко, Н.А. Куприяничик, и др.] (СССР). – № 3307990/29-33; заявл. 29.06.81; опубл. 30.06.83, Бюл. № 24.
3. Пальгунов П.П. Утилизация промышленных отходов / П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков. – М.: Стройиздат, 1990. – 259 с.
4. А.с. 1447786 СССР, МКИЗ С 04 В 28/04, 22/06, 23/36. Бетонная смесь / А.К. Гармуте, Б.А. Валинчене, М.И. Зерингис (СССР). – № 4189627/29-33; заявл. 04.02.87; опубл. 28.02.89, Бюл. № 48.
5. А.с. 874703 СССР, МКИЗ С 04 В 21/00. Сырьевая смесь для приготовления керамзита / [В.В. Хилько, В.Я. Харитон, В.Н; Колосс, В.И.Костюк] (СССР). – № 2869109/29-33; заявл. 19.11.79; опубл. 23.10.81, Бюл. № 39.
6. А.с. 1171443 СССР, МКИ С 04 В 26/04, С 04 В 24/00, С 04 В 14/38. Теплоизоляционный материал / В.М. Бегляров, Ю.Н. Кроянов (СССР). – № 3551464/29-33; заявл. 14. 02.83; опубл. 7.08.85, Бюл. № 29.
7. Кикаева О.Ш. Строительные материалы из отходов производства / О.Ш. Кикаева, Н.С. Маякова, Н.В. Борисова // Экология и промышленность – 1997. – № 12. – С. 23-28.
8. Вильсон Д. Утилизация твердых отходов. / Д. Вильсон; пер. с англ. Э.Г. Тетерина, А.С. Скотников; под ред. А.П. Цыганкова: в 2 т. – М.: Стройиздат, 1982. – Т. 2. – 324 с.
9. Баженов Ю.М. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов / Ю.М .Баженов, П.Ф. Шубенкин, Л.И. Дворкин. – М.: Стройиздат, 1986. – 56 с.

10. Строительные материалы (Материаловедение. Строительные материалы) / [В.Г. Микульский, Г.И. Горчаков, В.В. Козлов и др.]; под ред. В.Г. Микульского, В.В. Козлова. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 530 с.

11. Отходы химической промышленности в производстве строительных материалов. / [Л.И. Дворкин, В.Л. Шестаков, И.А. Пашков, А.П. Дымчук]. – К.: Будівельник, 1986. – 128 с.

12. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ / И.А. Рыбьев – М.: Высшая школа, 1978. – 309 с.

**13. Применение медеплавильных шлаков при производстве цементов / [С.И. Иващенко, М.Т. Власова, Н.Я. Михальченков, А.С. Котоков]. – М.: ВНИИЭСМ, 1981. – 54 с.**

**14. Пащенко А.А. Энергосберегающие и безотходные технологии получения вяжущих веществ / А.А. Пащенко, Е.А. Мясникова, Ю.Р. Евсютин. – К.: Вища школа, 1990. – 222 с.**

**15. Дмитриева Г.Г. Интенсификация клинкерообразования при помощи бариево-марганцевых отходов / Г.Г. Дмитриева, М.В. Коугия // Цемент. – 1982. – № 3. – С. 14-15.**

**16. Новые стандарты на активные и минеральные добавки к цементам / [Л.Я. Гольдштейн, Э.Г. Энтин, В.С. Альбац и др.] // Цемент. – 1983. – № 11. – С. 10-11.**

**17. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков / [П.В. Кривенко, Е.К. Пушкарева, В.И. Гоц, Г.Ю. Ковальчук]. – К.: ИПК Экспресс-Полиграф, 2012. – 258 с.**

**18. Активные минеральные добавки и их применение / [Т.В. Кузнецова, З.Б. Эйтин, З.С. Альбац и др.] // Цемент. – 1981. – № 10. – С. 6-8.**

**19. Чистяков Б.З. Использование минеральных отходов промышленности / Б.З. Чистяков, А.И. Ляпинов. – Л.: Стройиздат, 1984. – 152с.**

**20. Сулейменов А.Т. Охрана окружающей среды – совершенствование безотходной технологии. Обзорная информация / А.Т. Сулейменов. – М.: ВНИИЭСМ, 1979. – 58 с.**

**21. Новый железосодержащий продукт для сырьевой смеси цементного производства / [В.А. Пьячев, Л.Ю. Лыцова, Т.П. Черданцева, Н.А. Шабалина] // Цемент. – 1996. – № 3. – С. 31-32.**

**22. Гольдштейн Л.Я. Комплексные способы производства цемента / Л.Я. Гольдштейн. – Л.: Стройиздат, 1985. – 157 с.**

**23. Сергеев А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности / А.М. Сергеев. – К.: Будівельник, 1984. – 120 с.**

**24. Asim M.E. Die Verarbeitung von Hohefenschlacken zu Zement / M.E. Asim // Zement-Kalk-Gips. – 1992. – № 10. – S. 519-528.**

**25. Проблемы развития безотходных производств / [Б.Н. Ласкорин, Б.В. Громов, А.П. Цыганков, В.Н. Сенин]. – М.: Стройиздат, 1981. – 207 с.**

**26. Лебедев В.В. Комплексное использование углей / В.В. Лебедев, В.А. Рубан, М.С. Шпирт. – М.: Недра, 1980. – 239 с.**

**27. Лалов Д. Получение и использование микросфер легкой фракции золы ТЭЦ / Д. Лалов, А. Пицовска, С. Стоев // Энергетическое строительство. – 1990. № 3. – С. 61.**

**28. Теплоизоляционный жаростойкий бетон на основе алюмосиликатных микросфер из золы пылеугольных ТЭЦ / [С.Ю. Гоберис, Л.Я. Кизильштейн, И.И. Пундене, А.Л. Шпицглюз // Энергетическое строительство. – 1990. – № 5. – С. 36-38.**

**29. Pisters H. Schwermetall im Zement–Kriterien für den Einsatz**

*von Sekundärstoffen / H. Pisters // Zement-Kalk-Gips. – 1994. – № 12. – S. 726-727.*

**30. Колбасов М.В. Технологические факторы управления структурой цементного камня / М.В. Колбасов // Цемент. – 1983.– № 5. – С. 12-13.**

**31. Капустин Ф.Л. Структура и фазообразование в гранулированных высококальциевых золах ТЭС и получение вяжущих на их основе: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» / Ф.Л. Капустин. – Екатеринбург, 2003. – 40 с.**

**32. Абдурахимов В.З. Использование отходов обогащения руд редких металлов и микросфер золы в производстве фасадных плиток. Обзор / В.З. Абдурахманов. – М.: ВНИИЭСМ, 1990. – Серия II, Вып. 4. – С. 3-4.**

**33. Использование легкой фракции золы (микросфер) в производстве керамзитозолобетона и золопескобетона / [А.Н. Родин, С.М. Чернякова, В.М. Кожевников, Н.Г. Гришаева]. – М.: ВНИИЭСМ, 1990. – Серия II, Вып. 3. – С. 3-5.**

**34. Коугия М.В. Вяжущие композиции с микросферами из золошлаковых отходов / М.В. Коугия, М.Н. Самусева // Цемент. – № 3. – 1996. – С. 28-31.**

**35. Бикбау М.Я. Алинитовый цемент / М.Я. Бикбау, Б.И. Нудельман. – М.: Стройиздат, 1989. – 169 с.**

**36. Рояк С.М. Специальные цементы / С.М. Рояк, Г.С. Рояк. – М.: Стройиздат, 1983. – 279 с.**

**37. Машкин Н.А. Современные материалы и технологии / [Н.А. Машкин, Л.В. Ильина, О.А. Игнатова и др.]; под ред. Н.А. Машкина. – Новосибирск: НГАСУ, 2011. – 226 с.**

**38. А.с. 1046215 СССР, МКИЗ С 04 В 7/14. Вяжущее / [Н.И. Пивень.**

Е.Ф. Жаров, В.Д. Чорный и др.] (СССР) – № 3378456/29-33; заявл. 20.07.81; опубл. 07.10.83; Бюл. № 37.

**39. Шахова Л.Д. Асбестоцементные отходы в производстве цемента /**

**Л.Д. Шляхова // Цемент – 1993. – № 2. – С. 26-27.**

**40. Ячев В.А. Использование шлаков цветной металлургии в производстве цемента / В.А. Ячев. – М.: ВНИИЭСМ, 1985. – Серия I, Вып. 1. – 53 с.**

**41. Щукина Е.Г. Комплексное использование минерального сырья и отходов промышленности при производстве строительных материалов / Е.Г. Щукина, Р.Р. Беппле, Н.В. Архинчеева. – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2004. – 110 с.**

**42. Ахмедов М.А. Фосфогипс / М.А. Ахмедов, Т.А. Атакузиев. – Ташкент: ФАН, 1980 – 155 с.**

**43. Глуховский В.Д. Вяжущие и композиционные материалы контактного твердения / В.Д. Глуховский, Р.Ф. Рунова, С.Е. Максунув. – К.: Вища школа, 1991. – 244 с.**

**44. Терехович С.В. Технологические процессы производства, гидратация и свойства цементов, полученных на основе фосфошлаков: автореф. дисс. На соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 05.17.11 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» / С.В. Терехович. – К., 1985. – 32 с.**

**45. Сульфатно-шлаковые вяжущие на основе сырья и отходов Урало-башкирского региона / [В.В. Бабков, П.Г. Комохов, А.А. Шагов и др.] // Цемент. – 1993. – № 4. – С. 40-42.**

**46. Lutz R. Die Aufbereitung von Phosphorsäureabfallgipsen für die Weiterverarbeitung zu Baustoffen / R. Lutz // Zement – Kalk – Gips. – 1994. – № 12. – S. 690-696.**



**47. Пащенко А.А. Энергосберегающие технологические процессы получения портландцемента с использованием базальтовых пород / [А.А. Пащенко, Е.А. Мясникова, Н.В. Лукашевич, В.В. Токарчук. – К.: Вища школа, 1987. – 82 с.**

**48. Энергосберегающая технология производства цемента / [А.И. Здоров, В.Л. Бернштейн, Р.М. Злакокрылов, П.Т. Грабенко]. – К.: Будівельник, 1985. – 69 с.**

**49. Никифоров Ю.В.** Влияние оксида магния на качество цемента / Ю.В. Никифоров // Цемент. – 1987. – № 6. – С.15-16.

**50. Свойства тонкомолотых магниезиальных вяжущих материалов и бетонов на их основе / [Ю.В. Никифоров, Р.А. Зозуля, Л.А. Феднер и др.] // Цемент. – 1993. – № 5-6. – С. 28-31.**

**51. Рунова Р.Ф. Использование электротермического шлака в материалах контактного твердения / Р.Ф. Рунова, А.А. Майстренко, Ш.А. Бурибаев // Цемент. – 1996. – № 2. – С. 30-33.**

52. Пащенко О.О. В'яжучі матеріали / О.О. Пащенко, В.П. Сербін, О.О. Старчевська. – К.: Вища школа, 1995. – 416 с.

53. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера / В.К. Классен. – Красноярск: Стройиздат, 1994. – 323 с.

54. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента / В.К. Классен. – Белгород: БГТУ, 2012. – 308 с.

55. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов / И.Г. Лугинина. – В 2 ч. – Белгород: БГТУ, 2004. – Ч. 1. – 240 с.

56. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов / И.Г. Лугинина. – В 2 ч. – Белгород: БГТУ, 2004. – Ч. 2. – 199 с.

57. Дуда В. Цемент / В. Дуда; пер. с нем. Е.Ш. Фельдман; под ред. Б.Э. Юдовича. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.

58. [Голованова Л.В. Общая технология цемента / Л.В. Голованова – М.:](#) Стройиздат, 1984. – 118 с.
59. Кузнецова Т.В. Развитие исследований специальных цементов / Т.В. Кузнецова // Цемент – 1986. – № 9. – С. 15-18.
60. Бойкова А.И. Кинетика формирования клинкера и малоэнергоёмкое клинкерообразование / А.И. Бойкова, О.П. Мchedlov-Петросян // Цемент. – 1987. – № 6. – С. 11-12.
61. Бикбау М.Я. Нанотехнологии в производстве цемента / М.Я. Бикбау. – М.: МИМЭТ, 2008. – 768 с.
62. Тейлор Х. Химия цемента / Х. Тейлор; пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.
63. Барбанягрэ В.Д. Особенности образования цементных минералов в неравновесных условиях и в присутствии примесных элементов / В.Д. Барбанягрэ // Вестник БелГТАСМ. – Белгород: БелГТАСМ, 2001. – № 1. – С. 21-28.
64. Никифоров Ю.В. Интенсификация процессов спекания клинкера / Ю.В. Никифоров, М.Б. Сватовская // Цемент. – 1983. – № 8. – С. 5-6.
65. Бутт Ю.М. Портландцемент / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. – М.: Стройиздат, 1974. – 328 с.
66. Кузнецова Т.В. Теоретические основы клинкерообразования / Т.В. Кузнецова // Цемент. – 1989. – № 2. – С. 11-12.
67. [Алексеев Б.В. Технология производства цемента / Б.В. Алексеев. – М.:](#) Высшая школа, 1980. – 266 с.
68. Физическая химия силикатов / [А.А. Пащенко, А.А. Мясников, Е.А. Мясникова и др.]; под. ред. А.А. Пащенко. – М.: Высшая школа, 1986. – 368 с.
69. Корнеев В.И. Физико-химические основы малоэнергоёмких технологий / В.И. Корнеев // Цемент. – 1992. – № 2. – С. 59-69.

70. Сычев М.М. Перспективные методы спекания портландцементного клинкера / М.М. Сычев, О.М. Флисюк, Д.Т. Митев // Цемент. – 1988. – № 4. – С. 11-12.

71. [Вальберг Г.С. Интенсификация производства цемента \(обжиг клинкера\)](#) / Г.С. Вальберг, И.К. Гринер, В.Я. Мефодовский. – М.: Стройиздат, 1971. – 145 с.

72. [Интенсификация процессов обжига цементного клинкера](#) / [А.В. Лощинская, А.Е. Мягков, В.К. Хохлов и др.]. – М.: Стройиздат, 1971. – 145 с.

73. [Осокин А.П. Модифицированный портландцемент](#) / А.П. Осокин, Ю.Р. Кривобородов, Е.Н. Потапова. – М.: Стройиздат, 1993. – 328 с.

74. [Сулименко Л.М. Основы технологии вяжущих материалов](#) / Л.М. Сулименко, В.Г. Савельев, И.Н. Тихомирова. – М.: РХТУ, 2001. – 167 с.

75. Теория цемента / [А.А. Пащенко, Е.А. Мясникова, В.С. Гумен и др.]; под ред. А.А. Пащенко.– К.: Будівельник, 1991. – 168 с.

76. Классен В.К. Техногенные материалы в производстве цемента / В.К. Классен, И.Н. Борисов, В.Е. Мануйлов; под общ. ред. В.К. Классена. – Белгород: БГТУ, 2008. – 126 с.

77. Булатова А.И. Охрана окружающей среды в нефтегазовой промышленности / А.И. Булатова, П.П. Макаренко, В.Ю. Шеметов. – М.: Недра, 1997. – 483 с.

78. Быков Д.Е. Комплексная многоуровневая система исследования и переработки промышленных отходов / Д.Е. Быков. – Самара: СамГТУ, 2003.

–  
107 с.

79. Расветалов В.А. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов / В.А. Расветалов, Х.Н. Зайнуллин. – Уфа: Экология, 1999. – 299 с.

80. Баширов В.В. Способы переработки нефтешламов / В.В. Баширов, Д.М. Бриль, Е.М. Фердман. // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. – 1994. – № 10. – С. 7-14.

81. Немченко А.Г. Обезвреживание и переработка нефтяных шламов / А.Г. Немченко, К.А. Галуткина, Я.С. Блехер. – К.: Высшая школа, 1974. – 38 с.

82. Костюк В.И. Рекомендации по использованию отходов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / В.И. Костюк // Технология использования нефтешламов – 1996. – № 1. – С. 39-42.

83. Бакастова Н.В. Решение проблем по переработке нефтешламов методом центробежной сепарации / Н.В. Бакастова // Экологическая и промышленная безопасность. – 2005. – № 3 – С. 36-37.

84. Мешалкин В.П. Основы энергоресурсоэффективных экологически безопасных технологий нефтепереработки / В.П. Мешалкин, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустко. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – 616 с.

85. Ибатуллин Р.Р. Исследование свойств нефтешламов и способы их утилизации / [Р.Р. Ибатуллин, И.И. Мутин, Н.М. Исхакова, К.Г. Сахабутдинов] // Экологическая и промышленная безопасность. – 2006. – № 11. – С. 116-118.

86. Магид А.Б. Технологические процессы переработки нефтешламов / А.Б. Магид, А.В. Купцов, Р.А. Шайбаков // Вестник АТИНГ. – 2005. – № 6-7. – С.82-86.

87. Мазлова Н.Б. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки / Н.Б. Мазлова, С.В. Мещерякова. – М.: Ноосфера, 2001. – 56 с.

88. Разработка способов термической переработки и окисления нефтяных отходов / [З.А. Мансуров, Е.К. Онгорбаев, Б.К. Тушутаев и др.] // Нефтехимия и нефтепереработка. – 2004. – № 8. – С. 49-54.

89. Жаров О.А. Современные методы переработки нефтешламов / О.А. Жаров, В.Л. Лавров // Экология производства. – 2004. – № 5. – С. 43-51.

90. Смыков В.В. О проблеме утилизации нефтесодержащих отходов / В.В. Смыков, Ю.В. Смыков, А.И. Ториков // Экологическая и промышленная безопасность. – 2005. – № 3 – С. 30-33.

91. Инженерная экология в нефтегазовом комплексе / [Г.Г. Ягафарова, Л.А. Насырова, Ф.А. Шахова и др.]. – Уфа: УГНТУ, 2007. – 334 с.

92. А.с. 1558879 СССР МКИЗ С 02 F 11/18, С 10 G 33/00. Способ переработки нефтеотходов / [В.В. Фрязинов, А.М. Соловьев, В.А. Расветалов и др.] (СССР) – № 4394537/23-04; заявл. 18.03.88; опубл. 23.04.90, Бюл. № 15.

93. Маценко Г.Г. Установка утилизации нефтяных шламов / Г.Г. Маценко, Е.Б. Окуяев, А.Ф. Ахметов // Нефть и газ. – 1997. – № 2. – С. 137.

94. Глезин И.Л. Пиролиз твердых отходов нефтеперерабатывающей промышленности / И.Л. Глезин, В.Н. Петров, Т.А. Тимофеев. – М.: ЦДИИТЭнефтехим, 1981. – 56 с.

95. Андреев В.Г. Перспективное направление рециклинга нефтесодержащих отходов / В.Г. Андреев, Т.П. Толмачев // Химия и технология топлив и масел. – 2002. – № 6 – С. 3-6.

96. Берне Ф. Водочистка сточных вод нефтепереработки / Ф. Берне, Ж. Кордонье; пер. с фр. под ред. И.А. Розина, Е.И. Хабаровой. – М.: Химия, 1997. – 288 с.

97. Фридланд С.В. Интенсификация обезвоживания нефтешламов / С.В. Фридланд, Т.Ш. Аксанов, Н.Л. Солодова. // Вестник машиностроения. – 2006. – № 2. – С.84-87.

98. Раскатов А.В. Опыт внедрения центрифуг для обезвоживания шламов / А.В. Раскатов, Е.Н. Прошин // Экология производства. – 2006. – № 7. – С. 41-45.

99. Самедова Ф.И. Разделение асфальтенов способом физического воздействия / Ф.И. Самедова, М.Ф. Мир-Бабаев //Химия и технология топлив и масел. – 1995. – № 5. – С. 41.

100. Пономарев В.Г. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / В.Г. Пономарев, Э.Г. Иоакимис, И.П. Монгайт. – М.: Химия, 1985. – 230 с.

101. Мазлова Е.А. Реагентное разделение заводских нефтесодержащих шламов и осадков / Е.А. Мазлова, С.В. Мещеряков, П.З. Климова // Химия и технология топлив и масел. – 2000. – № 6. – С. 46-47.

102. Утилизация отходов машиностроительных и нефтеперерабатывающих предприятий/ [Н.С. Яманина, Е.А. Фролова, О.П. Филиппова и др.] // Экология и промышленность. – 2001. – № 10 – С.13-15.

103. Использование нефтешлама в строительстве дорожных покрытий ОДЕЖ [Электронный ресурс] / [Т.Н. Боковикова, Д.Р. Шпербер, Е.Р. Шпербер, С.С. Волкова] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 2. – Режим доступа: <http://www.ogbus.ru>.

104. Получение битумов на основе нефтеотходов / [Б.П. Печеный, А.М. Соловьев, Г.А. Вормс, В.В. Кочетков] // Химия и технология получения топлив и масел. – 1987. – № 11. – С. 45-47.

105. Варфоломеев Д.Ф. Использование застаревших нефтешламов в качестве керамзита / [Д.Ф. Варфоломеев, Р.Н. Гимаева, П.П. Ольхов и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1988. – Вып. 1. – С. 7-9.

106. Минигазимов Н.С. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов / Н.С. Минигазимов, В.А. Расветалов, Х.Н. Зайнуллин – Уфа: Экология, 1999. – 299 с.

107. Разработка основ комплексного использования отходов нефтепереработки и нефтехимии в производстве керамзита / [В.С. Сафонов, И.С. Чернышева, Е.К. Цирулина и др.] // Химическая промышленность. – 1994. – Вып. 7. – С. 444-448.

108. Мазлова Е.А. Экологические характеристики нефтяных шламов / Е.А. Мазлова, С.В. Мещеряков // Химия и технология топлив и масел. – 1999. – № 1. – С. 40-42

109. Лемаршан Д. Проблемы сжигания материалов / Д. Лемаршан. // Цемент и его применение. – 2001. – № 2. – С. 22-24.

110. Байер Г. Альтернативные виды топлива в цементной промышленности / Г. Байер, К. Менцель // Цемент Известь Гипс. – 2012. – № 1. – С. 52-57.
111. Бетехтин А.Г. Курс минералогии / А.Г. Бетехтин. – М.: КДУ, 2007. – 721 с.
112. Буллах А.Г. Общая минералогия / А.Г. Булах, В.Г. Кривовичев, А.А. Золотарёв. – М.: Академия, 2008. – 416 с.
113. Вегман Е.Ф. Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография / Е.Ф. Вегман, Ю.Г. Руфанов, И.Н. Федорченко. – М.: Металлургия, 1990. – 262 с.
114. Афанасьева Е.Л. Технологическая минералогия / Е.Л. Афанасьева, М.П. Исаенко. – М.: Недра, 1988. – 226 с.
115. Пащенко А.А. Общая технология силикатов / А.А. Пащенко. – К.: Вища школа, 1983. – 408 с.
116. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник / А.С. Тимонин: в 3 т. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – Т. 3. – 1024 с.
117. Бабушкин В.И. Термодинамика силикатов / В.И. Бабушкин, Г.М. Матвеев, О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.
118. Вуд Д. Термодинамика для геологов / Д. Вуд, Л. Фрейзер. – М.: Мир, 1981. – 180 с.
119. Бережной А.С. Многокомпонентные системы окислов / А.С. Бережной – К.: Наукова думка, 1970. – 544 с.
120. Бутт Ю.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев – М.: Высшая школа, 1973. – 504 с.
121. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
122. Вінниченко В.І. Інтенсифікація випалу цементного клінкера при використанні відходів вуглезбагачення: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.17.11 «Технологія тугоплавких

неметалічних матеріалів» / В.І. Вінниченко. – Харків, 1999. – 20 с.

123. Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с

124. Пилюян Г.О. Вычисление кинетических параметров по данным дериватографических измерений / Г.О. Пилюян, О.С. Новикова // ЖНХ. – 1967. – Вып. 12. – С. 602-605.

125. Пономарев И.Ф. Влияние минерализаторов на процесс клинкерообразования / И.Ф. Пономарев, А.Н. Грачъян, А.П. Зубехин // Цемент. – 1964. – № 4. – С. 3-5.

126. Лугинина И.Г. Цементы из некондиционного сырья / И.Г. Лугинина, В.М. Коновалов. – Новочеркасск: изд-во Новочеркасск. техн. ун-та, 1994. – 223 с.

127. Решетников Н.А. О комплексообразовании при кристаллизации солевых расплавов / Н.А. Решетников // ЖНХ. – 1964. – № 9. – С. 2209-2219.

128. Будников П.П. Реакция в смесях твёрдых веществ / П.П. Будников, А.М. Гинстлинг. – М.: [Стройиздат](#), 1971. – 488 с.



