

СТАТИСТИЧЕСКИЕ И СЕМАНТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ТЕНДЕНЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ, ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

В. Р. Роганов¹, В. В. Швыров²

¹ Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

² Луганский государственный педагогический университет, Луганск, Россия

¹ Vladimir_roganov@mail.ru, ² slavik.asas@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Рост количества публикаций по тематике производства и использования водоугольных суспензий обусловлен глобальным ростом энергопотребления, ростом цен на энергоносители, а также потребностями расширения топливной базы в современной энергетике. С другой стороны, интерес к данному направлению связан с вопросами утилизации накопившихся угольных отходов. В связи с этим становится актуальной задача систематизации и классификации предложенных различными авторами подходов в области эффективного использования водоугольных суспензий и водоугольного топлива. *Материалы и методы.* В данной работе представлен анализ публикаций с использованием современных методов статистического и семантического анализа больших данных. *Результаты и выводы.* В частности, на основании данных частотного анализа определены латентные тенденции в области исследований, связанных с водоугольным топливом, выделены методы утилизации водоугольных суспензий, факторы, определяющие реологические свойства водоугольного топлива. Кроме того, произведена классификация исследований по видам углей.

Ключевые слова: уголь, водоугольное топливо, суспензия, газификация, сжигание, транспортирование, топливоподготовка, статистические анализ, семантический анализ

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-21-10046, <https://rscf.ru/project/23-21-10046>

Для цитирования: Роганов В. Р., Швыров В. В. Статистические и семантические методы анализа тенденций в производстве, транспортировке и использовании водоугольного топлива // Надежность и качество сложных систем. 2023. № 4. С. 30–39. doi: 10.21685/2307-4205-2023-4-3

STATISTICAL AND SEMANTIC METHODS OF ANALYZING TRENDS IN PRODUCTION, TRANSPORTATION AND THE USE OF COAL-WATER FUEL

V.R. Roganov¹, V.V. Shvyrov²

¹ Penza State Technological University, Penza, Russia

² Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, Russia

¹ Vladimir_roganov@mail.ru, ² slavik.asas@mail.ru

Abstract. *Background.* The increase in the number of publications on the production and use of coal-water suspensions is due to the global increase in energy consumption, rising energy prices, as well as the needs to expand the fuel base in modern energy. On the other hand, interest in this area is associated with the issues of disposal of accumulated coal waste. In this regard, the task of systematizing and classifying the approaches proposed by various authors in the field of effective use of coal-water suspensions and coal-water fuel becomes urgent. *Materials and methods.* This paper presents an analysis of publications using modern methods of statistical and semantic analysis of big data. *Results and conclusions.* In particular, based on frequency analysis data, latent trends in the field of research related to coal-water fuel have been identified, methods for recycling water-coal fuel, and factors that determine the rheological properties of water-coal fuel have been identified. In addition, a classification of studies by type of coal was made.

Keywords: coal, coal-water fuel, suspension, gasification, combustion, transportation, fuel preparation, statistical analysis, semantic analysis

Financing: the research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-21-10046, <https://rscf.ru/project/23-21-10046>

For citation: Roganov V.R., Shvyrov V.V. Statistical and semantic methods of analyzing trends in production, transportation and the use of coal-water fuel. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems.* 2023;(4): 30–39. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2023-4-3

Введение

Задачи утилизации отходов угольной промышленности, а также повышения эффективности переработки таких отходов крайне актуальны в связи с ростом цен на энергоносители и общей тенденцией поиска новых видов энергетических топлив. Необходимость решения этих задач обуславливает рост количества фундаментальных и прикладных исследований в области использования водоугольного топлива, а также водоугольных суспензий. Всесторонний обзор публикаций в области подготовки, транспортирования и использования водоугольного топлива (ВУТ) представлен в работе [1]. Анализ исследований, связанных с вопросами газификации водоугольных сред, можно найти в обзорной работе [2].

Говоря о фундаментальных исследованиях в области ВУТ, следует отметить ряд работ В. И. Мурко, В. И. Федяева, Д. А. Дзюбы [3]. Вопросами транспортировки и использования ВУТ занимался целый ряд ученых, среди них М. П. Баранова [4], В. С. Белецкий [5–8], А. Ю. Радзюк [2], Г. Н. Делягин [8], А. А. Круть [9, 10] и др.

В связи со значительным интересом к данной тематике и растущим числом публикаций становится актуальной задача систематизации материала, классификации предложенных методов по различным направлениям исследований и аспектам организации использования, транспортирования, приготовления ВУТ.

Поиск по ключевому слову «водоугольное топливо» на ресурсе научной электронной библиотеки «КиберЛенинка» [11] выдает более 300 публикаций релевантных выбранной тематике.

Целью данной работы является анализ корпуса публикаций релевантных тематике приготовления, транспортирования и использования водоугольного топлива на основании современных методов информационного поиска, дистрибутивно-статистического и семантического анализа, методов обработки больших данных, а также развитие указанных методов с учетом специфики предметной области.

Исследование должно дать ответы на следующие вопросы:

1. Какие направления исследований в сфере ВУТ представлены в релевантных тематике ВУТ публикациях?
2. Какие способы утилизации водоугольных суспензий (ВУС) наиболее релевантны исследуемой тематике?
3. Какие виды углей рассматриваются в работах по ВУТ?
4. Какие факторы, определяющие реологические свойства ВУТ, наиболее релевантны работам по тематике ВУТ?

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- разработать программные средства для автоматизации информационного поиска и анализа публикаций;
- выполнить анализ заголовков публикаций для формирования семантического ядра из ключевых слов максимально релевантных тематике ВУТ;
- выполнить анализ корпуса публикаций с использованием методов частотного анализа и статистических методов;
- выполнить систематизацию, классификацию и визуализацию полученных результатов.

Следует отметить, что методы информационного поиска и семантического анализа развивались в работах [12, 13]. Техника информационного поиска – в работе [14]. В качестве примера использования статистических методов анализа к исследованию публикаций можно привести работу [15], в которой авторы использовали методы частотного анализа и статистические методы в исследовании проблем и методов решения задачи SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), а также развивали технику анализа больших корпусов данных.

Материалы и методы

Большое число публикаций по исследуемой тематике дает возможность использовать современные методы информационного поиска и анализа больших данных. С другой стороны, подобный анализ невозможен без соответствующих программных средств.

В качестве источника выбрана научная электронная библиотека КиберЛенинка, которая построена на парадигме открытой науки (Open Science). На рис. 1 представлена страница поиска данного ресурса по ключевому запросу «водоугольное топливо».

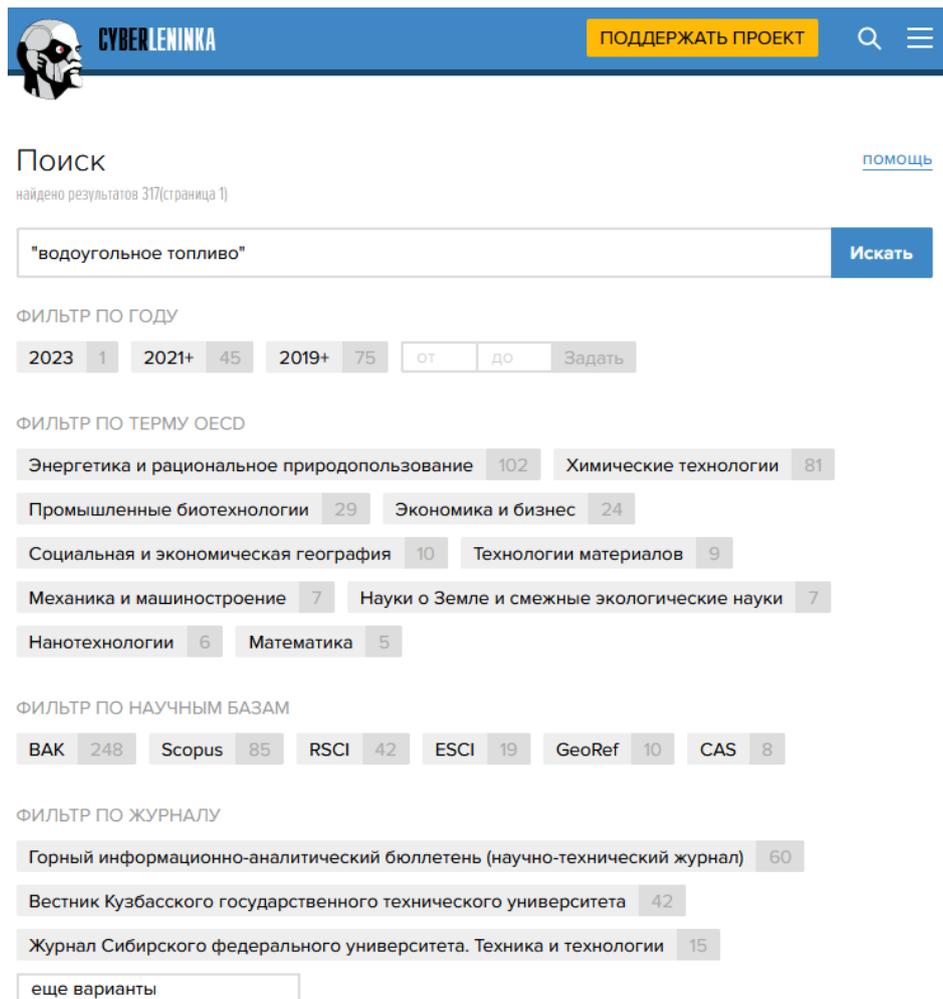


Рис. 1. Страница поиска библиотеки КиберЛенинка по ключевому запросу «водоугольное топливо»

Анализ веб-страницы показал, что результаты поиска содержат ссылки на веб-страницу каждой найденной публикации, а также сам заголовок публикации, автора и аннотацию (рис. 2).

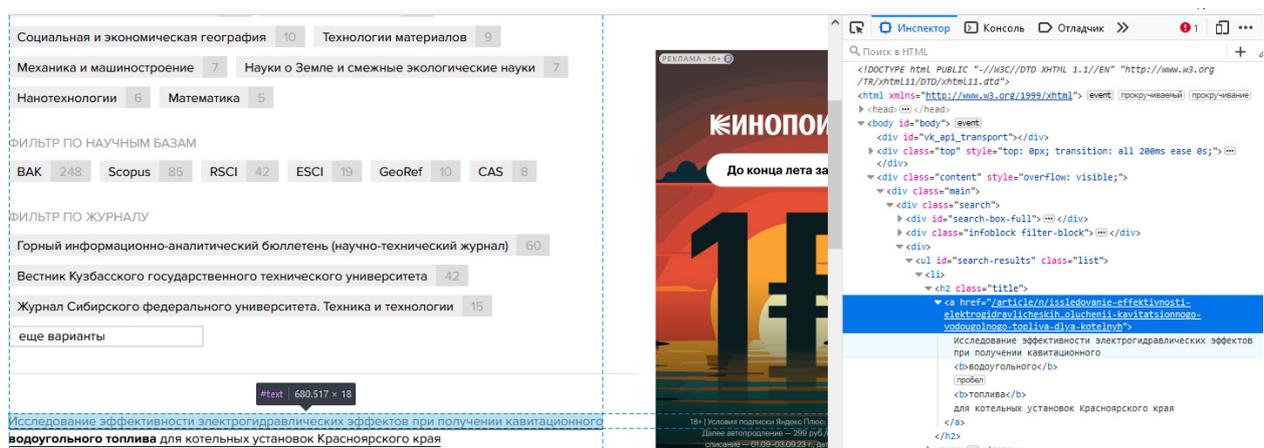


Рис. 2. Поиск ссылки на веб-страницу соответствующей публикации

Кроме того, каждая веб-страница публикации имеет строгую структуру (рис. 3).

Анализ структуры вложенных тэгов показал, что возможна автоматизация процесса парсинга страницы поиска, а также автоматизация загрузки необходимых для исследования публикаций. Для разработки программного средства выбран язык Python, а также ряд дополнительных библиотек для загрузки документов и извлечения гиперссылок, в частности, библиотека BeautifulSoup 4 [12],

а также Selenium WebDriver для получения контента веб-страниц [13] и загрузки самих публикаций. Таким образом, получен корпус публикаций по тематике водоугольного топлива, состоящий из 310 работ в формате pdf, а также списки заголовков и аннотаций данных работ.

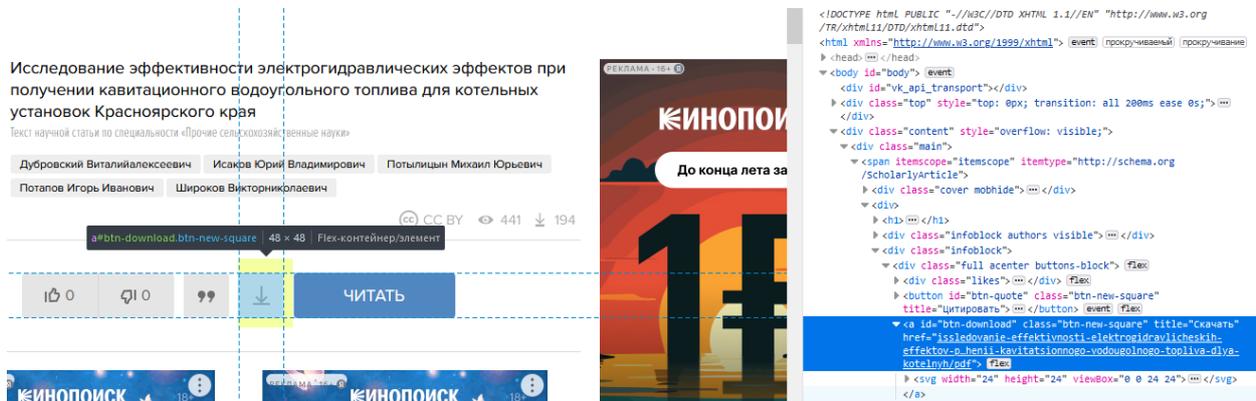


Рис. 3. Исследование веб-страницы публикации на сайте КиберЛенинка

Для выполнения частотного анализа разработано приложение на языке Python, с использованием библиотек tkinter – для реализации простого кнопочного интерфейса приложения, Keras – для обработки данных и токенизации слов и подсчета частот, PyPDF – для чтения данных из формата pdf. Внешний вид приложения представлен на рис. 4.

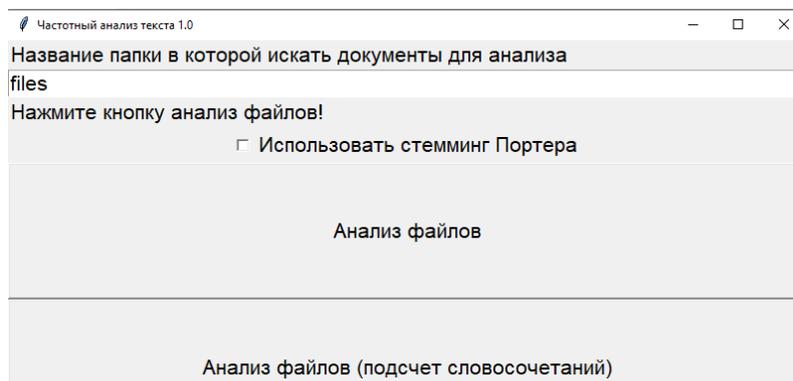


Рис. 4. Интерфейс приложения

Реализованы возможности подсчета как частот одиночных слов, так и подсчет биграмм (словосочетаний двух слов), а также возможность использования стемминга Портера [13]. Результатом работы приложения является файл *.xlsx, в котором содержится таблица частот слов или биграмм для всех документов в заданной директории. Общее число слов для корпуса заголовков и аннотаций к публикациям составило 14 065, в том числе 4542 различных слов или словоформ.

Для оценки значимости слова в контексте исследуемого корпуса публикаций может быть использована не только абсолютная частота, но и статистические меры TF-IDF [14]. Мера TF (term frequency) частота слова – отношение числа вхождений в корпус слова t_i к общему числу слов в документе:

$$TF(t, d) = \frac{n_t}{\sum_k n_k},$$

где n_t – число вхождений слова t .

Результаты

Частотный анализ корпуса публикаций, а также детальный семантический анализ свидетельствует о возможности группировки публикаций по укрупненным направлениям. В связи со

значительным числом работ по данной тематике результаты анализа представлены в таблице в виде направлений исследований, кроме того, приведены ссылки на работы, которые можно отнести к данному направлению (табл. 1).

Таблица 1

Направления исследований по тематике ВУТ

Направление	Характеризующие ключевые слова	Ссылки на публикации
Эколого-экономические аспекты использования водоугольного топлива (тематика публикаций связана с различными экологическими и экономическими аспектами сжигания, утилизации шламов, ВУС, ВУТ, общими вопросами экологической безопасности, а также влиянием угольной промышленности на окружающую среду)	«Экология», «Экономика»	[16–27]
Вопросы транспортирования ВУТ	«Транспортирование»	[28–33]
Конструкции, предложения и особенности функционирования котлов для использования ВУТ (изучаются возможности эффективного использования ВУТ в котельных установках малой мощности)	«Котел», «Котельная»	[34–38]
Особенности процессов, связанных с приготовлением ВУС и ВУТ	«Приготовление»	[39–45]
Разработка и исследование математических и физико-химических моделей в области ВУТ (с использованием различных физико-химических и математических и кинетических моделей исследуются процессы диспергирования угольных шламов, обогащения шламов, горения капель водоугольного топлива)	«Модель»	[46–47]
Изучение характеристик зажигания и режимов горения ВУТ	«Зажигание», «Горение», «Сжигание»	[48–63]
Оценка возможностей использования ВУТ	«Использование»	[64–69]
Исследование реологических и физико-химических свойств ВУТ	«Реология»	[70–77]

Следует отметить, что в большом количестве публикаций, связанных с общими вопросами анализа технологических схем, угольной энергетикой, стратегий развития угольных регионов, в том или ином контексте фигурируют термины ВУТ или ВУС.

В табл. 1 для каждой из категорий представлено ее характеризующее ключевое слово. Далее был выполнен статистический анализ по таблице частот биграмм корпуса, состоящего из заголовков и аннотаций к публикациям. Подсчет выполнялся путем суммирования частот биграмм всех словоформ заданного ключевого слова. Кроме того, учитывались только биграммы релевантные направлению исследований соответствующему ключевому слову (табл. 1). Например, для ключевого слова «использование» в расчет брались только биграммы, которые релевантные тематике ВУТ (ВУС). Таким образом, построена таблица частот (табл. 2)

Таблица 2

Частоты по характеризующим ключевым словам

Характеризующие ключевые слова	Абсолютная частота	TF
«Экология», «Экономика»	99	0,021797
«Транспортирование»	26	0,005724
«Приготовление»	71	0,015631
«Модель»	44	0,009687
«Зажигание», «Горение», «Сжигание»	217	0,047776
«Использование»	63	0,013870
«Реология»	19	0,004183
«Котел», «Котельная»	71	0,015631

Представим частотные данные табл. 2 в виде долевой диаграммы (рис. 5).

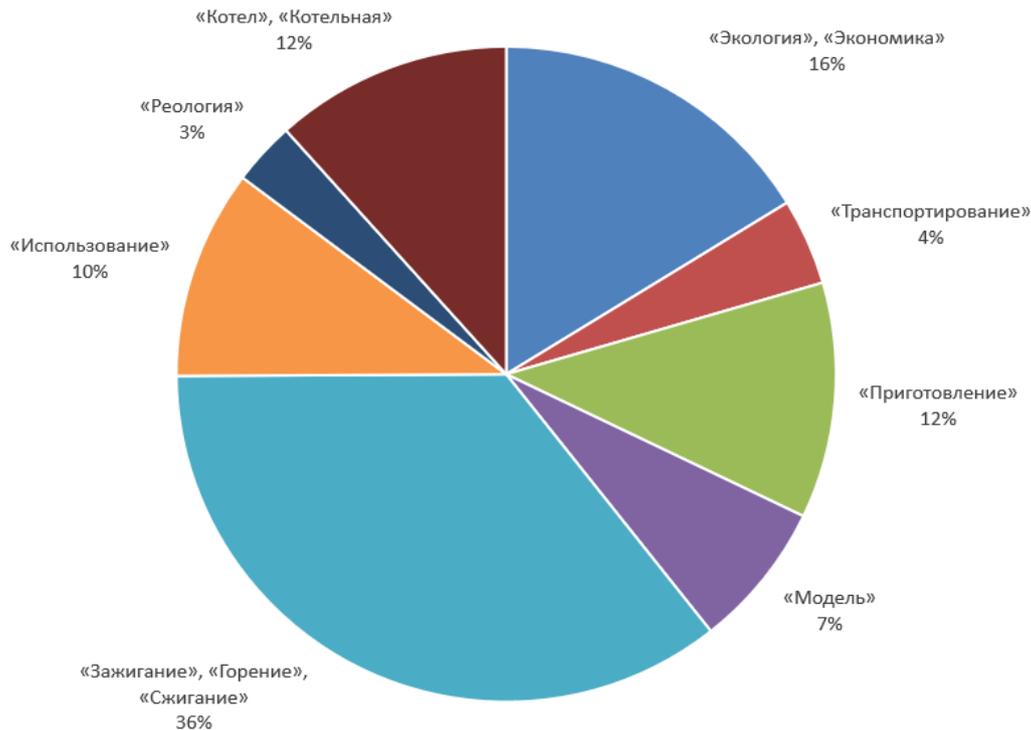


Рис. 5. Долевая диаграмма по характеризующим ключевым словам для направлений исследований по тематике ВУТ

В целом полученные данные коррелируют с эмпирическими данными, полученными при выполнении анализа литературных источников, соответствующих изучаемому корпусу публикаций.

Таким образом, в рамках анализа результатов о наиболее релевантных тематике ВУТ направлениях исследований можно сказать, что лидирующие позиции занимают различные аспекты сжигания ВУТ и ВУС. Кроме того, значительное число публикаций освещает экологическую и экономическую составляющую тематики ВУТ и в целом угольной отрасли.

Для ответа на вопрос В2 определим три укрупненных категории способов утилизации ВУС. В частности, рассмотрим такие способы, как «сжигание» («факельное сжигание»), «сжигание в кипящем слое» и «газификация».

Как источник данных для частотного анализа используется таблица частот, построенная по всему тексту публикаций. В связи с извлечением текстовых данных из формата pdf таблица частоты появлений соответствующих терминов содержит значительное число фрагментов слов, номеров страниц, данных из колонтитулов и т.п. После частичной фильтрации получены данные частот 109 536 слов (фрагментов слов) при общем числе слов в корпусе 740 115. Данные частот по рассматриваемым категориям представлены в табл. 3.

Таблица 3

Данные частот способов сжигания ВУС

Укрупненная категория способов сжигания	Абсолютная частота	TF
Сжигание	245	0,002236708
Сжигание в кипящем слое	98	0,000894683
Газификация	314	0,002866637

Для удобного эмпирического анализа представим частотные данные табл. 3 в виде долевой диаграммы (рис. 6).

Установлено, что лидирующую позицию занимает категория «Газификация». Исследователи выделяют целый ряд методов газификации, к наиболее перспективным относится прямоточная газификация ВУС с сухим шлакообразованием. Такая газификация эффективна при использовании высококалорийных низкокалорийных углей.

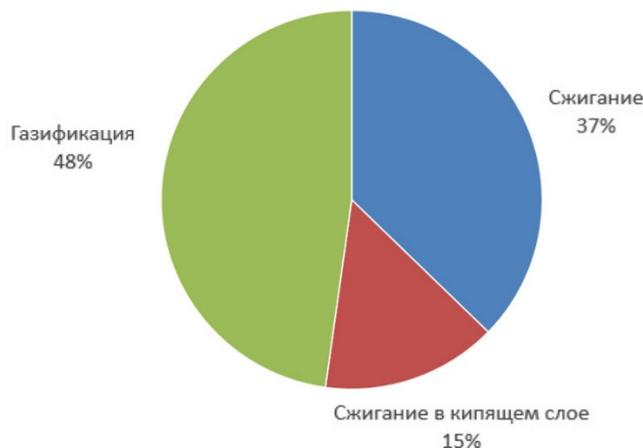


Рис. 6. Результат анализа по способу утилизации ВУС

Различные физико-химические свойства данных категорий углей определяют различные реологические свойства ВУС и ВУТ. В публикациях, связанных с исследованием свойств углей и, соответственно, вопросами приготовления ВУТ из таких углей, характерна географическая или региональная составляющая, которая обусловлена залежами определенных видов углей в конкретном регионе. Например, для Восточной Сибири и Канско-Ачинского бассейна характерно залегание преимущественно углей, относящихся к бурым, в то же время для Донецкого угольного бассейна – наличие антрацитов и каменных углей.

Для исследования ответов на вопрос 3 использовался анализ частот как по ключевым словам, так и по таблице частот биграмм. В частности, рассмотрены такие категории углей, как антрацит, бурый уголь, длиннопламенный уголь, газовый уголь, шлам (табл. 4).

Таблица 4

Данные частот по видам углей

Категория углей	Абсолютная частота	TF
Шлам	308	0,00281186
Антрацит	99	0,00090381
Бурый уголь	231	0,00210889
Длиннопламенный уголь	5	0,00004565

Для удобного эмпирического анализа представим частотные данные табл. 4 в виде долевой диаграммы (рис. 7).

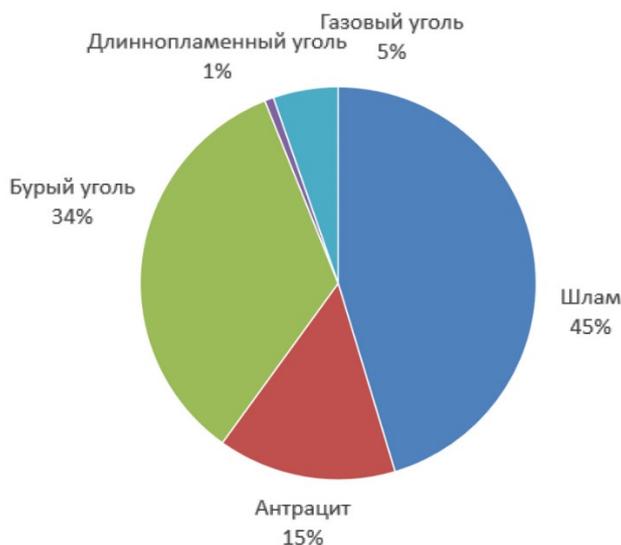


Рис. 7. Результаты анализа по видам углей

Полученные результаты свидетельствуют о значительном числе исследований, направленных на повышение эффективности использования низкокалорийных углей и шламов для приготовления ВУТ. Высокая доля для категории «шлам» обусловлена, прежде всего, задачами утилизации отходов угольной промышленности и экологическим аспектом использования ВУТ. Таким образом, следует, что в работах по тематике ВУТ преобладает изучение бурых углей и шламов.

Далее проведем подобный анализ для оценки релевантности факторов, влияющих на реологические свойства ВУТ. Полученные данные частот для таких факторов, как гранулометрический состав угля, концентрация угля, зольность, выход летучих веществ, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Данные частот по факторам влияния

Категория углей	Абсолютная частота	TF
Гранулометрический состав	161	0,001469836
Концентрация угля	210	0,001917178
Зольность угля	410	0,003743062
Выход летучих веществ	31	0,000100424

Представим частотные данные табл. 5 в виде долевой диаграммы (рис. 8).



Рис. 8. Анализ релевантности факторов, определяющих реологические свойства

Из диаграммы видно, что в работах по тематике ВУТ зольность угля рассматривается чаще всего (порядка 50 %), высокий показатель для такого фактора, как концентрация угля, может быть обусловлен большим числом работ, в которых изучаются вопросы, связанные с эффективностью сжигания ВУТ. Проведенные исследования дают понимание о наиболее распространенных и изучаемых факторах, влияющих на реологические свойства водоугольного топлива.

Заключение

В работе проведен анализ большого числа публикаций по тематике водоугольного топлива и водоугольных суспензий, как с использованием классических методов анализа литературных источников, так и с использованием современных статистических и семантических методов. В рамках проведенного исследования выявлено, что значительное число работ по тематике ВУТ посвящено изучению вопросов эффективного его сжигания, а также экологическим и экономическим аспектам использования водоугольных сред. Кроме того, полученные статистические данные свидетельствуют о лидирующей позиции газификации как способа утилизации ВУТ (ВУС). В работах исследователей преобладает изучение бурых углей и шламов для приготовления водоугольных суспензий. Кроме того, получены данные о ряде факторов, влияющих на реологические свойства ВУТ.

Практическая ценность работы заключается в получении фактических данных о релевантности публикаций по тематике ВУТ различным ключевым словам. И могут быть использованы как при анализе степени изученности соответствующих направлений приготовления, транспортирования и

использования водоугольного топлива, так и в развитии методологии использования семантических методов для анализа русскоязычных публикаций. Кроме того, разработан ряд программных средств для реализации автоматизации частотного анализа и формирования корпуса публикаций на основании данных динамически формируемых веб-страниц.

Список литературы

1. Kijo-Kleczkowska A. Combustion of coal–water suspensions // *Fuel*. 2011. Vol. 90. P. 865–877.
2. Радзюк А. Ю., Истягина Е. Б., Кулагин В. А., Жуйков А. В. Современные проблемы газификации водоугольного топлива (краткий обзор) // *Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии*. 2021. № 14. С. 487–506. doi: 10.17516/1999-494X-0328
3. Мурко В. И., Федяев В. И., Хьямяляйнен В. А. Физико-технические основы водоугольного топлива. Кемерово : Кузбассвузиздат, 2009. 195 с.
4. Баранова М. П. Гидравлические режимы трубопровода для транспорта водоугольных суспензий // *Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири : тр. IX Междунар. науч.-практ. конф.* Кемерово, 2012. С. 185–187.
5. Белецкий В. С., Круть А. А., Свитлый Ю. Г. Особенности гидравлической транспортировки водоугольного топлива // *Форум горняков*. 2008. Т. 3. С. 272–278.
6. Белецкий В. С., Круть А. А., Свитлый Ю. Г. Утилизация угольных шламов путем изготовления водоугольного топлива // *Обогащение полезных ископаемых*. 2005. Вып. 24. С. 111–118.
7. Белецкий В. С., Круть А. А., Власов Ю. Ф. Реологические характеристики водоугольных суспензий в зависимости от качества исходного угля // *Вестник Криворожского технического университета*. 2006. Вып. 11. С. 49–55.
8. Делягин Г. Н., Петраков А. П., Ерохин С. Ф. Эковут – новое экологически чистое топливо нового поколения // *Новые технологии сжигания твердого топлива: их текущее состояние и использование в будущем : сб. докл. Всерос. науч.-техн. семинар*. М. : ВТИ, 2001. С. 99–100.
9. Круть А. А., Козыряцкий Л. Н. Водоугольное топливо на основе угольных шламов // *Сб. тр. Донец. нац. техн. ун-та. Сер. горноэлектромеханическая*. 2009. Вып. 17. С. 185–194.
10. Круть А. А. Особенности и пути использования водоугольного топлива на основе антрацитов // *Новое в технологии, технике и переработке минерального сырья*. Кривой Рог, 2006. С. 147–155.
11. Швыров В. В., Короп Г. В., Нечай Т. А., Шишлакова В. Н. Исследование методов и подходов решения задачи SLAM с использованием статистического анализа корпуса англоязычных публикаций // *Вестник Луганского государственного педагогического университета : сб. науч. тр. Сер. 5, Гуманитарные науки. Технические науки*. 2022. № 3. С. 75–89.
12. Капустин Д. А., Швыров В. В., Шулика Т. И. Статический анализ корпуса исходных кодов Python-приложений // *Программная инженерия*. 2022. Т. 13, № 8. С. 394–403. doi: 10.17587/prin.13.394-403
13. Porter M. F. An algorithm for suffix stripping // *Program*. 1980. Vol. 14, № 3. P. 130–137.
14. Jones K. S. A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval // *Journal of Documentation*. 2004. Vol. 60, no. 5. P. 493–502.
15. Baranova M. P., Kulagin V. A. Energy and ecological aspects of coal-water slurry utilization // *Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии*. 2011. № 5. С. 527–532.

References

1. Kijo-Kleczkowska A. Combustion of coal–water suspensions. *Fuel*. 2011;90:865–877.
2. Radzyuk A.Yu., Istyagina E.B., Kulagin V.A., Zhuykov A.V. Modern problems of gasification of water-coal fuel (a brief review). *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii = Journal of the Siberian Federal University. Technology and technology*. 2021;(14):487–506. (In Russ.). doi: 10.17516/1999-494X-0328
3. Murko V.I., Fedyaev V.I., Khyamyalyaynen V.A. *Fiziko-tekhnicheskie osnovy vodougol'nogo topliva = Physico-technical foundations of coal-water fuel*. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2009:195. (In Russ.)
4. Baranova M.P. Hydraulic modes of pipeline for transportation of coal-water suspensions. *Prirodnye i intelektual'nye resursy Sibiri: tr. IX Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. = Natural and intellectual resources of Siberia : tr. IX International scientific and practical conference*. Kemerovo, 2012:185–187. (In Russ.)
5. Beletskiy V.S., Krut' A.A., Svitlyy Yu.G. Features of hydraulic transportation of coal-water fuel. *Forum gornyyakov = Forum of miners*. 2008;3:272–278. (In Russ.)
6. Beletskiy V.S., Krut' A.A., Svitlyy Yu.G. Utilization of coal sludge by manufacturing coal-water fuel. *Obogashchenie poleznykh iskopaemykh = Mineral enrichment*. 2005;(24):111–118. (In Russ.)
7. Beletskiy V.S., Krut' A.A., Vlasov Yu.F. Rheological characteristics of coal-water suspensions depending on the quality of the initial coal. *Vestnik Krivorozhskogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Krivoy Rog Technical University*. 2006;(11):49–55. (In Russ.)
8. Delyagin G.N., Petrakov A.P., Erokhin S.F. Ekovut – a new environmentally friendly fuel of a new generation. *Novye tekhnologii szhiganiya tverdogo topliva: ikh tekushchee sostoyanie i ispol'zovanie v budushchem: sb. dokl.*

- Vseros. nauch.-tekhn. Seminar = New technologies of solid fuel combustion: their current state and use in the future : collection of dokl. All-Russian scientific and technical seminar. Moscow: VTI, 2001:99–100. (In Russ.)*
9. Krut' A.A., Kozyryatskiy L.N. Coal-water fuel based on coal sludge. *Sb. tr. Donets. nats. tekhn. un-ta. Ser. Gornoelektromekhanicheskaya = Proceedings of the Donets National Technical University. Univ. Ser. mining and electro-mechanical.* 2009;(17):185–194. (In Russ.)
 10. Krut' A.A. Features and ways of using coal-water fuel based on anthracites. *Novoe v tekhnologii, tekhnike i pererabotke mineral'nogo syr'ya = New in technology, engineering and processing of mineral raw materials.* Krivoy Rog, 2006:147–155. (In Russ.)
 11. Shvyrov V.V., Korop G.V., Nechay T.A., Shishlakova V.N. Research of methods and approaches for solving the SLAM problem using statistical analysis of the corpus of English-language publications. *Vestnik Luganskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta: sb. nauch. tr. Ser. 5, Gumanitarnye nauki. Tekhnicheskie nauki = Bulletin of Lugansk State Pedagogical University : collection of scientific tr. Ser. 5, Humanities. Technical sciences.* 2022;(3):75–89. (In Russ.)
 12. Kapustin D.A., Shvyrov V.V., Shulika T.I. Static analysis of the Python application source code corpus. *Programnaya inzheneriya = Software Engineering.* 2022;13(8):394–403. (In Russ.). doi: 10.17587/prin.13.394-403
 13. Porter M.F. An algorithm for suffix stripping. *Program.* 1980;14(3):130–137.
 14. Jones K.S. A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval. *Journal of Documentation.* 2004;60(5):493–502.
 15. Baranova M.P., Kulagin V.A. Energy and ecological aspects of coal-water slurry utilization. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Tekhnika i tekhnologii = Journal of Siberian Federal University. Engineering and technology.* 2011;(5):527–532.

Информация об авторах / Information about the authors

Владимир Робертович Роганов

кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры информационных
технологий и систем,
Пензенский государственный
технологический университет
(Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/
ул. Гагарина, 1а/11)
E-mail: Vladimir_roganov@mail.ru

Vladimir R. Roganov

Candidate of technical sciences, associate professor,
professor of the sub-department of information
technologies and systems,
Penza State Technological University
(1a/11 Baidukova passage/Gagarina street,
Penza, Russia)

Вячеслав Владимирович Швыров

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры информационных
и образовательных систем,
Луганский государственный
педагогический университет
(Россия, г. Луганск, ул. Оборонная, 2)
E-mail: slavik.asas@mail.ru

Vyacheslav V. Shvyrov

Candidate of physical and mathematical sciences,
associate professor of the sub-department
of information and educational systems,
Lugansk State Pedagogical University
(2 Oboronnaya street, Lugansk, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию / Received 18.09.2023

Поступила после рецензирования / Revised 21.10.2023

Принята к публикации / Accepted 20.11.2023