

DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.46.50.006

УДК 551.583, 662.764, 504.054

© М. П. Макеев, Д. С. Михалев, А. А. Тайлаков, 2024

#### М.П. МАКЕЕВ

канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: makeev75@ya.ru

#### Д. С. МИХАЛЕВ

лаборант  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: mikhalev@mail.ru

#### А. А. ТАЙЛАКОВ

инженер  
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово  
e-mail: Aleksandr.tailakov@mail.ru

## РЕЛЯЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ МЕТАНООБИЛЬНОСТИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

*Представлено описание реляционной базы данных, содержащей информацию о газоносности угольных пластов абсолютной и относительной метанообильности угольных шахт основных геолого-экономических районов Кузбасса. Рассмотрены механизмы доступа к данным, поддерживающим выполнение расчетов эмиссий метана и углекислого газа, и функции, позволяющей выполнять администрирование проектами угольных компаний, которые обеспечивают повышение эффективности управления мероприятиями экологической направленности. Приводятся примеры расчетов выбросов метана при добыче угля подземным и открытым способами, а также при выполнении операций последующего обращения с углем. Разработанная база данных применяется для анализа и мониторинга выбросов парниковых газов, сопровождающих процессы добычи и переработки угля.*

Ключевые слова: РЕЛЯЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ, МЕТАН, УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ, МЕТАНООБИЛЬНОСТЬ, ШАХТА, ДОБЫЧА УГЛЯ.

### ВВЕДЕНИЕ

Разработка угольных месторождений сопровождается техногенным воздействием на окружающую среду, включая эмиссию в атмосферу метана и углекислого газа, которая, по некоторым оценкам, составляет до 40 млн. тонн в год в мировом масштабе [1]. Метан характеризуется более сильным потенциалом парникового эффекта по сравнению с  $\text{CO}_2$ . В процессе добычи угля, особенно на глубоких шахтах, выбросы метана достигают до

25% всех антропогенных выбросов этого газа [1–3].

Основными источниками выбросов парниковых газов в атмосферу на угледобывающих предприятиях являются системы вентиляции и дегазации. Эти выбросы напрямую зависят от горно-геологических условий залегания угольных пластов, включая их газоносность, которая определяется объемом газа, содержащегося в единице массы угля при естественных условиях. В свою очередь, газоносность

влияет на относительную метанообильность шахты, определяемой как общее количество выделившегося в шахте метана, отнесенное к 1 т добываемого угля, и абсолютную метанообильность — количество метана, выделяющегося в шахте в единицу времени.

Сокращение выбросов парниковых газов требует комплексного подхода, включающего модернизацию оборудования в угольной отрасли, использование альтернативных источников тепловой и электрической энергии, а также усиление мер безопасности на угольных шахтах для повышения эффективности дегазации с последующей утилизацией шахтного метана. Для этого необходимо внедрение современных систем мониторинга неорганизованных выбросов парниковых газов. В этом контексте применение современных цифровых технологий позволяет обеспечить контроль и количественный учет эмиссии метана и углекислого газа путем автоматизации процессов мониторинга [4].

Одним из важнейших компонентов таких цифровых решений являются базы данных, которые обеспечивают сбор, хранение и обработку необходимой информации [5, 6]. Такие системы данных предоставляют пользователям возможность эффективно управлять информацией, необходимой для оценки выбросов и принятия решений по их сокращению.

Реляционная база данных «Абсолютная и относительная метанообильность угольных шахт и газоносность угольных пластов основных геолого-экономических районов Кузбасса» разработана в рамках проекта «Цифровая платформа мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов и их сокращений при использовании чистых угольных технологий» для обеспечения сбора, обработки и хранения данных о выбросах метана и углекислого газа при добыче угля открытым и подземным способами, а также при его транспортировке. При формировании базы данных предварительно создана таблица, включающая более 800 записей, в которую внесены значения метанообильности и газоносности [7] по угольным предприятиям Кузбасса. Данные по метанообильности предоставлены Акционерным

обществом «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли».

## МЕТОДОЛОГИЯ

Для обработки исходной информации применен расчет фугитивных выбросов парниковых газов при угледобыче и последующем обращении с углем в соответствии с методикой [8].

Выбросы  $CH_4$  при добыче угля подземным способом рассчитываются по формуле:

$$\text{Выбросы } CH_4 = \text{относительная метанообильность} \times \text{подземная добыча угля} \times \text{коэффициент преобразования}, \quad (1)$$

где *Выбросы  $CH_4$*  — выбросы метана при подземной добыче угля, т/год; *Подземная добыча угля* — объем угля, добытый подземным способом, т; *Коэффициент преобразования* — плотность метана при 0 °С и давлении в 1 атмосферу —  $0,717 \times 10^{-3}$  т/м<sup>3</sup>.

Пример расчета.

На угледобывающем предприятии в 2020 г. добыто 484 600 т угля, относительная метанообильность — 9,59 м<sup>3</sup>/т, следовательно, выбросы метана при открытой добыче угля составят:

$$\text{Выбросы } CH_4 = (484\,600 \times 9,59 \times 0,717 \times 10^{-3}) \cdot 25 = 83\,303,10 \text{ т.}$$

На угледобывающем предприятии в 2022 г. добыто 220 000 т угля, относительная метанообильность — 5,04 м<sup>3</sup>/т, следовательно, выбросы метана при открытой добыче угля составят:

$$\text{Выбросы } CH_4 = (220\,000 \times 5,04 \times 0,717 \times 10^{-3}) \cdot 25 = 19\,875,24 \text{ т.}$$

Выбросы  $CH_4$  при обращении с углем, добытым подземным способом, рассчитываются следующим образом:

$$\text{Выбросы } CH_4 = \text{коэффициент } CH_4 \times \text{подземная добыча угля} \times \text{коэффициент преобразования}, \quad (2)$$

где *Выбросы*  $CH_4$  — выбросы метана после подземной добычи угля, тыс. т/год; *Подземная добыча угля* — объем переработки и транспортировки угля, добытого подземным способом, т; *Коэффициент преобразования* — плотность метана при 0 °С и давлении в 1 атмосферу —  $0,717 \times 10^{-3}$  т/м<sup>3</sup>.

*Коэффициент выбросов*  $CH_4$  — коэффициент выбросов метана после подземной добычи угля, м<sup>3</sup>/т:

— Низкий коэффициент выброса  $CH_4 = 0,9$  м<sup>3</sup> тонна<sup>-1</sup>;

— Средний коэффициент выброса  $CH_4 = 2,5$  м<sup>3</sup> тонна<sup>-1</sup>;

— Высокий коэффициент выброса  $CH_4 = 4,0$  м<sup>3</sup> тонна<sup>-1</sup>.

#### Пример расчета.

На угледобывающем предприятии в 2020 г. добыто 484 600 т угля, глубина залегания пластов — 298 м. При глубине залегания угольных пластов менее 400, но более 200 метров принимается средний коэффициент выброса  $CH_4$  равный 2,5 м<sup>3</sup>т<sup>-1</sup>, следовательно, выбросы парниковых газов после добычи угля подземным способом составят:

$$\begin{aligned} \text{Выбросы } CH_4 &= (2,5 \cdot 484\,600 \cdot 0,717 \cdot 10^{-3}) \cdot 25 = \\ &= 21\,716,14 \text{ т.} \end{aligned}$$

На угледобывающем предприятии в 2022 г. добыто 220 600 т угля, глубина залегания пластов — 298 м. При глубине залегания угольных пластов менее 400, но более 200 метров принимается средний коэффициент выброса  $CH_4$  равный 2,5 м<sup>3</sup>т<sup>-1</sup>, следовательно, выбросы парниковых газов после добычи угля подземным способом составят:

$$\begin{aligned} \text{Выбросы } CH_4 &= (2,5 \cdot 220\,000 \cdot 0,717 \cdot 10^{-3}) \cdot 25 = \\ &= 9858,75 \text{ т.} \end{aligned}$$

## ВЫБОР СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ

Для обеспечения надёжного контроля и управления информацией, хранящейся в таблицах базы данных, требуется система управления базами данных (СУБД), способная эффективно обрабатывать большие объёмы

данных, поддерживать сложные транзакции и обеспечивать надёжность и безопасность данных. Существующие СУБД различаются по архитектуре (централизованные, распределённые), типам данных (реляционные, объектно-ориентированные), способу хранения, масштабируемости и поддержке внешних систем. В ходе анализа мы рассматривали две системы с открытым исходным кодом — PostgreSQL и MySQL, которые зарекомендовали себя как надёжные решения для управления реляционными базами данных [9–11].

По результатам сравнительного анализа PostgreSQL и MySQL был выбран PostgreSQL как основная СУБД для реализации цифровой платформы. PostgreSQL, в отличие от MySQL, обеспечивает более широкие возможности работы со сложными SQL-запросами, поддерживает транзакции с соблюдением ACID-свойств и обеспечивает гибкость в настройке хранимых процедур. Дополнительно PostgreSQL поддерживает расширения, позволяющие интегрировать её с внешними системами и наращивать функциональность по мере роста требований проекта. Эти особенности критически важны для проекта, который требует обработки сложных данных о выбросах метана и CO<sub>2</sub>, где важны точные расчёты и их быстрая обработка [12, 13].

В PostgreSQL данные, имеющие логические взаимосвязи, хранятся в реляционных таблицах. Каждая сущность базы данных представлена в виде отдельной таблицы, а её атрибуты — в виде колонок. Взаимосвязи между таблицами организуются посредством внешних ключей, что обеспечивает целостность данных и упрощает их обработку. Данная модель позволяет реализовывать сложные взаимосвязи между сущностями базы данных, включая миграцию атрибутов между таблицами для поддержания внешних связей.

## СОСТАВ БАЗЫ ДАННЫХ

Система основана на СУБД PostgreSQL и включает 16 таблиц, которые содержат данные о проектах угольных компаний, пользователях, коэффициентах эмиссий, результатах расчётов выбросов парниковых газов

и справочных материалах. В базе данных отражены как абсолютная, так и относительная метанообильность угольных шахт и газоносность угольных пластов ключевых геолого-экономических районов Кузбасса, что делает её важным инструментом для учёта и сокращения эмиссий в угольной отрасли.

База данных содержит ключевые элементы, которые представляют собой таблицы, содержащие информацию об объектах и сущностях:

- проекты угольных компаний представлены в виде таблиц, которые связаны с компаниями и расчетами, хранят информацию о текущих и завершённых проектах угольных компаний, включая их статус, участников и компании, которые их реализуют;

- таблица с пользователями содержат данные о пользователях системы, их должностях, уровнях доступа и ключах защиты, обеспечивая управление правами и доступом к информации;

- таблица коэффициентов эмиссий содержит данные, которые хранят информацию о коэффициентах эмиссий, используемых для расчета выбросов парниковых газов в различных сценариях;

- результаты расчетов: хранят результаты выполненных расчетов выбросов парниковых газов, предоставляя аналитические данные для оценки и мониторинга;

- справочные материалы: включают таблицы, справочников и классификаторов, такие как типы расчетов и прочие справочные данные, необходимые для корректного выполнения и интерпретации расчетов;

- информация о метанообильности хранится в таблицах в качестве абсолютной и относительной метанообильности угольных шахт, предоставляя информацию о метанообильности на основе месторождений и участков шахт;

- газоносность: таблицы для хранения данных о газоносности угольных пластов, включая информацию о геолого-экономических районах, группах метаморфизма и глубине залегания, что позволяет анализировать

газоносность на основе различных геологических данных.

Структурированная таким образом база данных обеспечивает функцию хранения и извлечение данных, что позволяет управлять информацией о выбросах парниковых газов и поддерживать разработку чистых угольных технологий в рамках проекта разработки программного комплекса «Цифровая платформа мониторинга фугитивных выбросов парниковых газов и их сокращений при использовании чистых угольных технологий».

Для обеспечения надёжного обмена информацией и правильного подхода к организации данных между таблицами созданы связи, которые формируются путем задания ячейкам особых параметров под названиями 'главный ключ' и 'второстепенный ключ'.

В табл. 1 представлены основные элементы архитектуры базы данных и их взаимосвязи. Большинство связей в этой таблице выполнены при помощи уникальных идентификаторов, таких как `access_id`, `position_id`, и `company_id`, которые обеспечивают взаимосвязь между различными сущностями. Например:

`Access` связывается с `Position_Access` через `access_id`, определяя права доступа.

`Positions` соединяет таблицы `Users` и `Position_Access` с помощью `position_id`, обозначая роли пользователей.

`Companies` устанавливает связи с таблицами `Projects`, `Users` и `Status` через `company_id`, что позволяет отслеживать принадлежность различных элементов к конкретным организациям.

Кроме того, внешние ключи, такие как `mine` в таблицах `GasContentData`, `EnrichmentData` и `MethaneAbundanceData`, используются для связывания данных с определёнными геолого-экономическими районами и шахтами, обеспечивая структурированное хранение и извлечение информации. Подобная архитектура позволяет точно манипулировать и эффективно управлять данными, что необходимо в рамках выполнения расчётов выбросов различных газов при обращении с углём.



Перечень связей между сущностями в базе данных метанообильности угольных шахт и газоносности угольных пластов основных геолого-экономических районов Кузбасса.

№	Таблица	Связанные атрибуты	Описание связи
1	Access	access_id	Ссылка на уникальный идентификатор доступа, используется в таблице Position_Access
2	Positions	position_id	Связывает таблицы Users и Position_Access с таблицей Positions, обозначая должности
3	Companies	company_id	Связывает таблицы Positions, Users, Status, и Projects с таблицей Companies, указывая на компанию
4	Guards	guard_id	Связывает таблицу Guards с таблицей Users, указывая ключи защиты для каждого пользователя
5	Position_Access	position_id, access_id	Устанавливает связи между должностями и правами доступа
6	Users	position_id, company_id, guard_id	Связывает пользователей с их должностями, компаниями и ключами защиты
7	Status	status_id, company_id	Связывает таблицы Status с Companies и Projects, определяя статус проектов и компаний
8	Projects	company_id, user_id, status_id	Связывает проекты с компаниями, пользователями и статусами
9	Calculation	project_id, type_id	Связывает расчеты с проектами и типами расчетов
10	Calculation_Types	type_id	Связывает типы расчетов с таблицами Calculation и Dictionary
11	Dictionary	type_id	Связывает таблицу Dictionary с Calculation_Types для управления справочной информацией по типам расчетов
12	Enrichment	id	Связывает данные об обогащении (EnrichmentData) с таблицей Enrichment
13	GasContent	id	Связывает данные газоносности (GasContentData) с таблицей GasContent
14	GasContentData	mine	Внешний ключ, ссылающийся на таблицу GasContent, связывает данные газоносности с районами
15	EnrichmentData	mine	Внешний ключ, ссылающийся на таблицу Enrichment, связывает данные об обогащении с фабриками
16	MethaneAbundanceData	mine	Внешний ключ, ссылающийся на таблицу MineMethaneAbundance, связывает данные о метанообильности с шахтами

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПА

Обеспечение доступа пользователей к базе данных осуществляется через клиент-серверное приложение, разработанное с использованием современных языков программирования, таких как TypeScript и Python, а также языков разметки HTML и CSS. Данная архитектура приложения включает два основных компонента: клиентское и серверное.

Клиентское приложение предназначено для ввода исходных данных о горнотехнических условиях угольных предприятий и отображения результатов расчетов эмиссий метана и углекислого газа. Оно разработано с использованием Visual Studio Code на языке TypeScript и библиотеки React.js, что позволяет создать интерактивный пользовательский интерфейс, удобный для конечных пользователей. Для стилизации элементов интерфейса применяется фреймворк Bootstrap, который позволяет добиться наиболее привлекательного вида для приложения. Одним из важнейших программных модулей в клиентском приложении является модуль для регистрации и аутентификации пользователей, позволяющий отображать и создавать новые проекты угольных компаний и результатов расчетов, включая ввод и вывод справочной информации.

Серверное приложение, реализованное на платформе PyCharm с использованием языка программирования Python и фреймворка Django Rest, отвечает за выполнение расчетов выбросов парниковых газов и администрирование функционирования платформы. Оно включает 8 программных модулей, которые обеспечивают выполнение математических расчетов, преобразование данных, запись информации и передачу её в клиентское приложение. Данное приложение играет основную роль в обработке данных и управлении логикой приложения.

Весь процесс обеспечения доступа пользователей к данным в базе данных осуществляется с соблюдением принципов безопасности, которые подразумевают использование аутентификации и авторизации, что позволяет

контролировать права доступа и защищать данные от несанкционированного использования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная база данных представляет собой основной компонент осуществляющий сбор, мониторинг и анализ выбросов парниковых газов, связанных с деятельностью угольных компаний. Ее структура и архитектура обеспечивают систематизированное хранение данных о различных аспектах деятельности компаний, включая проекты, пользователей, коэффициенты эмиссий и результаты расчетов, а также даёт возможность для дальнейшего расширения функционала по мере развития нашего проекта.

Главными элементами базы данных являются таблицы, содержащие информацию об угольных компаниях. Эти таблицы хранят данные о статусах проектов, участниках и компаниях, которые их реализуют, это даёт возможность мониторинга выбросов парниковых газов, на всех этапах добычи угля угольными компаниями.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. № 1144-р (Соглашение № 075-15-2022-1196)*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширяев С. Н., Агеев П. Г., Черепов А. А. [и др.] Обоснование направлений развития способов и средств дегазации угольных шахт // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 3(25). С. 28–32.
2. Тайлаков О. В., Уткаев Е. А., Макеев М. П. Фугитивные выбросы метана и технологии их сокращения при угледобыче в Кузбассе // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 54–59.
3. The plan of measures to ensure by 2020, reduce greenhouse gas emissions to no greater than 75 % of these emissions in 1990, Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 02.04.2014, No. 504-R.
4. Плакиткин Ю. А., Плакиткина Л. С. Цифровизация экономики угольной промышленности России – от «Индустрии 4.0» до «Общества 5.0» // Горная промышленность. 2018. № 4(140). С. 22.
5. Резчиков А. Ф., Цвиркун А. Д., Дранко О. И., Степановская И. А. и др. Цифровая платформа мониторинга углеродного следа // Труды 15-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD'2022). М.: ИПУ РАН, 2022. С. 1305–1310.
6. Васильева Т. Г., Виткевич Н. Л., Абрамова Н. И. Цифровые технологии в современном мире // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 100-5. С. 68–70.
7. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР: в 3 т. Москва: Недра, 1979–1980.
8. МГЭИК. Руководящие принципы МГЭИК 2006 года для национальных кадастров парниковых газов // Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК-ИГЭС-ОЭСР-МЭА, ИГЭС, Япония. 2006.
9. Worsley J., Drake J. D. Practical PostgreSQL. «O'Reilly Media, Inc.», 2002.
10. Шетухин А. PostgreSQL vs MySQL // Системный администратор. 2007. № 7(56). С. 38–41.
11. Yang X. Analysis of DBMS: MySQL Vs PostgreSQL. 2011.
12. Бирюкова Н. В., Каипова А. Х., Марадудина Ю. А. Как рассчитать выбросы парниковых газов // Экология производства. 2023. № 6(227). С. 44–53.
13. Кантор Г. Я., Сырчина Н. В. Альтернативная оценка вклада метана в парниковый эффект // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 3. С. 197–207.

---

**DOI: 10.25558/VOSTNII.2024.46.50.006**

**UDC 551.583, 662.764, 504.054**

**© М. Р. Makeev, D. S. Mikhalev, A. A. Tailakov, 2024**

#### **M. P. MAKEEV**

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Institute of the Federal Research Center of the Chemistry and Chemistry

of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo

e-mail: makeev75@ya.ru

#### **D. S. MIKHALEV**

Laboratory Assistant

Institute of the Federal Research Center of the Chemistry and Chemistry

of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo

e-mail: mikhalev@mail.ru

#### **A. A. TAILAKOV**

Engineer

Institute of the Federal Research Center of the Chemistry and Chemistry

of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo

e-mail: aleksandr.tailakov@mail.ru

## RELATIONAL DATABASE OF COAL MINE METHANE SPECIFIC EMISSIONS

*The paper describes a relational database containing information on the gas content of coal seams, absolute and specific methane emissions of coal mines in the main geological and economic regions of Kuzbass. It examines data access mechanisms that support the calculation of methane and carbon dioxide emissions, and functions that allow for the administration of coal company projects to improve the efficiency of environmental management. Examples of methane emission calculations during underground and surface coal mining, as well as during subsequent coal handling operations, are provided. The developed database is used to analyze and monitor greenhouse gas emissions associated with coal mining and processing.*

Keywords: RELATIONAL DATABASE, METHANE, CARBON DIOXIDE, METHANE EMISSIONS, MINE, COAL MINING.

## REFERENCES

1. Shiryaev S. N., Ageev P. G., Cherepov A. A. [et al.] Substantiation of the directions of development of methods and means of degassing coal mines // Bulletin of the Siberian State Industrial University [Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta]. 2018.No. 3(25). P. 28–32. [In Russ.].
2. Tailakov O. V., Utkaev E. A., Makeev M. P. Fugitive methane emissions and technologies for their reduction in coal mining in Kuzbass // Mining Industry [Gornaya promyshlennost]. 2022. No. 6. P. 54–59. [In Russ.].
3. The plan of measures to ensure by 2020, reduce greenhouse gas emissions to no greater than 75 % of these emissions in 1990, Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 02.04.2014, No. 504-R.
4. Plakitkin Yu. A., Plakitkina L. S. Digitalization of the Russian coal industry economy – from «Industry 4.0» to «Society 5.0» // Mining Industry [Gornaya promyshlennost]. 2022. No. 4(140). P. 22. [In Russ.].
5. Rezchikov A. F., Tsvirkun A. D., Dranko O. I., Stepanovskaya I. A. [et al.] Digital Carbon Footprint Monitoring Platform // Proceedings of the 15th International Conference «Managing the Development of Large-scale Systems» [Trudy 15 Mezhdunarodnoy konferentsii «Upravleniye razvitiyem krupnomasshtabnykh sistem»] (MLSD'2022). Moscow. ICS RAS. 2022. P. 1305–1310. [In Russ.].
6. Vasileva T. G., Vitkevitch N. L., Abramova N. I. Vasileva T.G. Digital technologies in the modern world // Trends in the development of science and education [Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya]. 2023. No. 100-5. P. 68–70. [In Russ.].
7. Gas content of coal basins and deposits of the USSR: in 3 volumes. Moscow. Nedra. 1979-1980. [In Russ.].
8. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories // IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IPCC-IGES-OECD-IEA, IGES, Japan. 2006.
9. Worsley J., Drake J. D. Practical PostgreSQL. «O'Reilly Media, Inc.», 2002.
10. Shetukhin A. PostgreSQL vs MySQL // System Administrator [Sistemnyy administrator]. 2007. No. 7(56). P. 38–41. [In Russ.].
11. Yang X. Analysis of DBMS: MySQL Vs PostgreSQL. 2011.
12. Biryukova N. V., Kaipova A. Kh., Maradudina Yu. A. How to calculate greenhouse gas emissions // Ecology of production [Ekologiya proizvodstva]. 2023. No. 6(227). P. 44–53. [In Russ.].
13. Kantor G. Ya., Sychina N. V. Alternative assessment of the contribution of methane to the greenhouse effect // Theoretical and applied ecology [Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya]. 2023. No. 3. P. 197–207. [In Russ.].