

ИНФОРМАТИКА

COMPUTER SCIENCES

Вестник Сыктывкарского университета.

Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2025.

Выпуск 4 (57)

Bulletin of Syktovkar University.

Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics. 2025; 4 (57)

Научная статья

УДК 004.5

https://doi.org/10.34130/1992-2752_2025_4_38

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БАЗАМИ ДАННЫХ

Юрий Валентинович Гольчевский,

Иван Дмитриевич Захаров

Сыктывкарский государственный университет

имени Питирима Сорокина, yurygol@mail.ru, zakharovid@syktsu.ru

Аннотация. Требования бизнеса, приведшие к значительному увеличению объёмов накапливаемой и обрабатываемой информации, обусловили необходимость перехода от технологий, использовавшихся в простых системах управления базами данных, к технологиям для работы с платформами больших данных. Понимание истории развития технологий баз данных и дальнейшее прогнозирование их развития является важной задачей для обеспечения качественного обучения будущих ИТ-специалистов, проведения актуальных исследований и развития отечественного программного обеспечения. В данной работе представлены этапы трансформации взглядов и технологий систем управления базами данных.

Ключевые слова: системы управления базами данных, развитие баз данных, тенденции развития, отечественный рынок СУБД

Для цитирования: Гольчевский Ю. В., Захаров И. Д. Анализ развития систем управления базами данных // *Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика*. 2025. Вып. 4 (57). С. 38–58. https://doi.org/10.34130/1992-2752_2025_4_38

Article

DEVELOPMENT OF DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS ANALYSIS

Yuriy V. Golchevskiy, Ivan D. Zakharov

Pitirim Sorokin Syktyvkar State University,
yurygol@mail.ru, zakharovid@syktsu.ru

Abstract. Business demands have become one of the most important challenges in the development of databases and necessitated a transition from technologies used in simple database management systems to technologies for working with big data platforms. Comprehension of the database technologies history and further forecasting their development is an important task to ensure high-quality training for future IT-professionals, to conduct relevant research and development of domestic software and to design competitive domestic software products. This paper presents the transformation stages of views and technologies of database management systems.

Keywords: database management systems, database development, development trends, domestic DBMS market

For citation: Golchevskiy Yu. V., Zakharov I. D. Development of database management systems analysis. *Vestnik Syktyvkarского университета. Seriya 1: Matematika. Mekhanika. Informatika* [Bulletin of Syktyvkar University, Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics], 2025, no 4 (57), pp. 38–58. (In Russ.) https://doi.org/10.34130/1992-2752_2025_4_38

1. Введение

Любое современное программное обеспечение в процессе своей работы активно взаимодействует с различными данными. Таким образом, возникает потребность в организации данных, их хранении и предоставлении удобного доступа к ним. Чаще всего для этого используются

базы данных (БД). База данных — это коллекция хорошо организованных данных, где они хранятся в структурированном виде с четко определёнными взаимосвязями между ними [1]. Для управления большими БД необходимы надёжные, безопасные и удобные в использовании инструменты. Эти возможности предоставляет система управления базами данных (СУБД).

СУБД заменили файловые системы, предоставив общее хранилище данных, которое одновременно может использоваться многочисленными приложениями и пользователями. С 1960 года было разработано множество моделей БД и их активное развитие продолжается до сих пор. Ограничиваясь размером статьи, остановимся на наиболее важных, на наш взгляд, аспектах.

Цель данной статьи — выполнить анализ истории развития систем управления базами данных, обобщить актуальные данные о них и выявить возможные направления развития отечественного рынка СУБД. Отдельно хотелось бы отметить, что в рамки данного исследования не входят вопросы, связанные с появлением и развитием подходов к управлению данными на основе разработки хранилищ данных и озёр данных, которым было уделено внимание в работе [2] и которые являются самостоятельным большим аспектом, требующим отдельного представления и обсуждения.

2. Развитие баз данных: от файлов до реляционной модели

В период активного развития вычислительной техники во второй половине XX века значительно повысилась необходимость в организации и хранении данных. В начале 1960-х годов данные хранились на магнитных лентах и управлялись с помощью перфокарт, что было медленно, неудобно и требовало значительных усилий для управления данными. Были необходимы более эффективные способы работы, что привело к разработке первых СУБД [3].

Первая модель базы данных — иерархическая, была разработана в 1960-х годах. В иерархической модели данные организованы в виде дерева, где каждый узел имеет один родитель и множество потомков. Такая структура обеспечивает быстрый доступ к данным, но ограничивает гибкость, так как каждый элемент данных может иметь только одну связь типа «родитель – потомок». Таким образом, можно было реализовать только отношения «один-ко-многим» или «один-к-одному». Примером иерархической СУБД является IMS (Information Management

System), разработанная IBM для поддержки коммерческих приложений, например системы управления запасами и бухгалтерский учёт.

Следующим шагом в развитии стала сетевая модель данных, опубликованная как спецификация модели CODASYL (Conference on Data Systems Languages). Основное отличие сетевой модели от иерархической состояло в том, что она позволила реализовать между элементами данных связи «многие-ко-многим». Это обеспечивало большую гибкость по сравнению с иерархической моделью и давало возможность проектировать и использовать структуры данных большей сложности. Однако сетевая модель решала не все имевшиеся проблемы. В частности, оставались нерешёнными некоторые вопросы, связанные с согласованностью и безопасностью данных.

В 1970 году была предложена реляционная модель данных, в которой данные представляются в виде таблиц, являющихся естественным для человека способом структурирования данных. Эта модель отделила логическую структуру данных от их физического хранения, что позволило пользователям задавать запросы на высоком уровне абстракции с помощью «языка структурированных запросов» (SQL). Впервые он был стандартизирован в 1985 году [4]. SQL стал стандартом для работы с реляционными базами данных, что упростило их внедрение и использование в различных приложениях.

Также реляционные СУБД (РСУБД) обеспечивают надёжную и предсказуемую работу благодаря четырём принципам ACID, которые были сформированы в конце 1970-х годов Джимом Греем. К этим принципам относятся: атомарность, согласованность, изоляция и устойчивость. РСУБД получили широкое распространение. Согласно рейтингу популярности сайта DB-Engines (<https://db-engines.com/en/ranking>), первые места занимают представители этого вида СУБД.

В 1980-х годах начала развиваться концепция объектно-ориентированных баз данных (ООБД). Они интегрировали принципы объектно-ориентированного программирования с возможностями БД, что позволило лучше управлять сложными данными и их взаимосвязями. В отличие от реляционных моделей ООБД поддерживали хранение объектов, включающих как данные, так и методы их обработки, что позволяло разработчикам работать с данными в тех же терминах, что и в их программных приложениях.

Самой большой проблемой ООБД была миграция существующей БД на ООБД, так как для перехода требуется полная перестройка «с нуля»,

а также обычно привязка к определённому языку программирования, что несколько снижает гибкость такого подхода.

Создание объектно-реляционной базы данных (ОРБД) стало попыткой преодоления разрыва между реляционными БД и техниками, используемыми в объектно-ориентированных языках программирования. ОРБД объединили преимущества обеих моделей. С одной стороны, они предоставили востребованные возможности реляционной модели — простоту и мощь SQL. С другой — предоставили поддержку объектно-ориентированной концепции: наследования и инкапсуляции. Это в конечном счете дало пользователям возможность создавать сложные иерархии объектов и одновременно использовать возможности РСУБД для управления данными и выполнения сложных запросов.

3. Переход к масштабируемым моделям данных (NoSQL, NewSQL)

Быстрое развитие интернет-технологий и вызванное им увеличение объёмов обрабатываемых данных в начале XXI века привело к пониманию того, что РСУБД не могут эффективно справляться с новыми задачами. Растущие интернет-компании столкнулись с проблемой обработки огромных массивов данных в реальном времени. Это требовало новых подходов к управлению данными и привело к появлению Not Only SQL (NoSQL)-подходов, предлагающих альтернативные методы хранения и обработки данных [5; 6].

Современное значение NoSQL-системы получили в 2009 году в результате обсуждения open-source распределённых БД. Термин NoSQL не имеет общепризнанного определения и обозначает нереляционное распределённое хранилище данных, которое не обеспечивает гарантии ACID. Not Only SQL БД разделяются по различным типам хранения данных: ключ-значение, документо-ориентированные, графовые и иные.

NoSQL-системы разработаны для решения проблем масштабируемости и производительности в распределённых системах. Оптимизация операций добавления и извлечения привела к заметному росту производительности при работе с большими объёмами данных. Эти БД часто используются для приложений, требующих высокой доступности и горизонтального масштабирования, таких, например, как социальные сети, интернет-магазины и системы аналитики данных.

NewSQL БД появились в начале 2010-х годов и стали попыткой объединить преимущества РСУБД, заключающиеся в поддержке ACID-транзакций и использование SQL, с возможностями горизонтального масштабирования, присущими NoSQL-системам. Подобные системы используют такие технологии, как распределённые транзакции и согласованное реплицирование для обеспечения высокой производительности и надёжности данных. Примеров NewSQL-систем относительно немного в силу того, что они пока не успели получить широкое распространение из-за своей новизны, повышенной сложности разработки и внедрения. Примерно в это же время формулируются подходы к построению систем, не основывающиеся на принципах ACID. Появляются теорема CAP и теорема PACELC, описывающие ограничения и компромиссные решения распределённых БД в отношении согласованности, доступности и допустимости разделения.

Таким образом, эволюция СУБД от иерархических и сетевых моделей к реляционным, а затем к NoSQL и NewSQL, отражает динамику изменений в потребностях управления данными и технологических возможностях. Примеры СУБД, реализующие упомянутые модели данных, представлены в табл.

Таблица

Примеры СУБД на основе различных моделей данных

Модели данных	СУБД
Иерархические	IBM IMS, RDM
Сетевые	Интегрированное хранилище данных (IDS), Интегрированная система управления базами данных (IDMS)
Реляционные	MySQL, MariaDB, Oracle, SQL Server
Объектно-ориентированные	Realm, Objectivity/DB
Объектно-реляционные	IBM's DB2, Oracle Database, PostgreSQL
NoSQL	MongoDB, Cassandra DB
NewSQL	VoltDB, MemSQL, NuoDB

Термин «многовариантное хранение» появился в 2011 году, а в 2016 году аналитики Gartner сформулировали тезис, что будущее СУБД, архитектур и способов использования за мультимодельностью — использованием реляционных и нереляционных моделей в составе единой платформы. Действительно, восемь из топ-10 в рейтинге СУБД

DB-Engines Ranking за июль 2025 года позиционируют себя как мультимодельные.

Мультимодельные БД поддерживают различные типы данных (реляционные таблицы, документы, графы, ключ-значение), что позволяет эффективно управлять разнородной информацией в одной системе. Одним из основных их достоинств является использование одного движка для обработки различных типов данных и предоставление единого языка запросов и API для всех поддерживаемых моделей данных. Это упрощает интеграцию и сокращает затраты на разработку и обслуживание. Некоторые СУБД предлагают движки, способные поддерживать различные модели данных, другие имеют многоуровневую архитектуру с отдельными компонентами для каждой модели. Например, Oracle изначально работала с реляционными БД, а сейчас работает так же, как графовая и документная. ArangoDB поддерживает графы, документы JSON и модель «ключ-значение» в качестве основного функционала и использует унифицированный язык запросов AQL (ArangoDB Query Language).

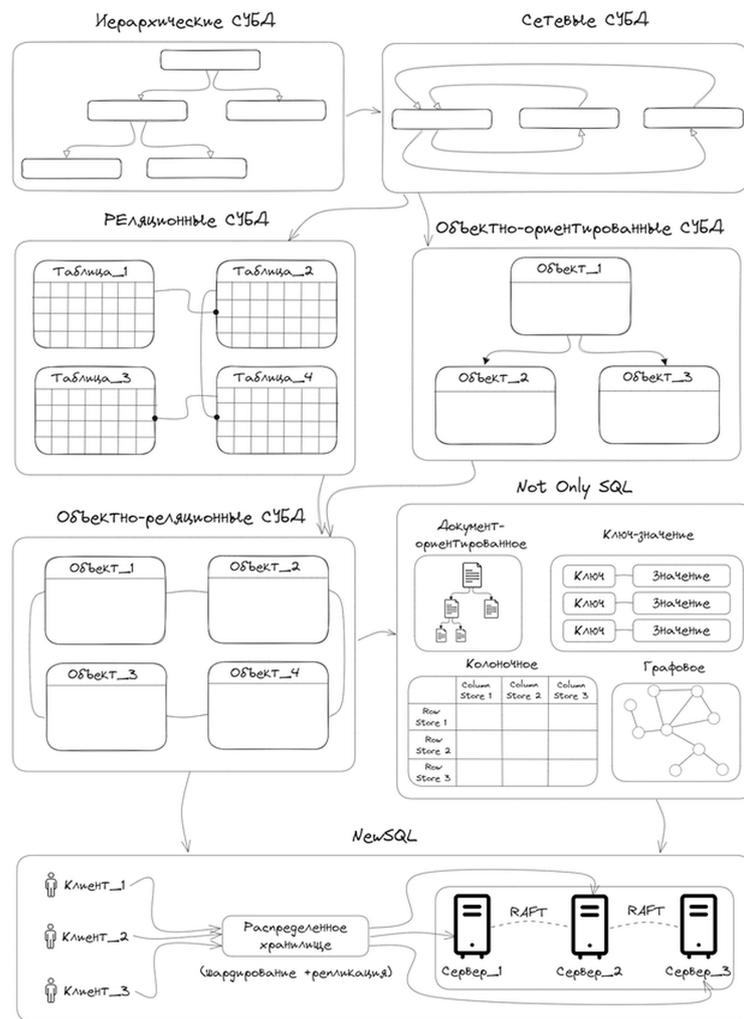
Мультимодельные СУБД часто используются в приложениях, требующих интеграции данных из различных источников, например текстовых документов, изображений, данных социальных сетей и т. п.

Каждая новая модель данных отвечала новым специфическим требованиям, обеспечивая большую эффективность и гибкость управления данными. Описанная эволюция моделей данных представлена на рис.

4. Анализ современных тенденций развития СУБД

Современные информационные потребности, приводящие к постоянному увеличению объемов данных, требуют новых подходов для обеспечения высокой производительности, масштабируемости и гибкости. Эти требования начали формироваться в начале 2010-х годов, когда стало понятно, что традиционные подходы становятся неэффективными и требуются новые решения. В 2010 году в качестве основных приоритетных направлений исследования были выделены [7]:

- проектирование архитектуры новых моделей данных и СУБД для того, чтобы преодолеть ограничения существующих РСУБД, показывающих низкое соотношение цена / производительность;
- поддержка независимости данных, декларативного программирования для новых платформ;



Эволюция моделей данных

- разработка методик эффективного управления коллекциями разнородных структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных, распределённых по разнообразным репозиториям, что в дальнейшем вылилось в развитие концепций и технологий хранилищ данных и озёр данных;
- исследования в области улучшения управляемости облачных баз данных и интегрированных облачных архитектур;
- управление огромными объёмами разнообразных пользовательских данных, включая виртуальные миры, и сервисы в реальном времени.

Тенденции, заложенные в 2010 году, не только сохранили свою актуальность, но и усилились. Развитие интернета вещей, социальных сетей и облачных вычислений требует постоянного обновления технологий для эффективного управления растущими объёмами данных. Например, мультимодельные и облачные БД продолжают развиваться и в последние годы уже стали стандартом де-факто в индустрии [8].

Реляционный подход ориентирован на вертикальное масштабирование, что означает увеличение мощности одного сервера для обработки больших объёмов данных. Однако такое решение становится дорогим и технически сложным по мере роста количества информации и увеличения требований к производительности. Поэтому сейчас чаще обращаются к более современным решениям, способным удовлетворять высокие требования по объёму, скорости и разнообразию данных [9].

В последнее десятилетие большую популярность приобрела микросервисная архитектура, позволяющая разрабатывать системы, где каждый сервис получает собственную, оптимально настроенную базу данных [10]. Например, модуль авторизации использует небольшую БД для выполнения операций проверки прав и токенизации, а подсистема аналитики работает с базой, ориентированной на сложные аналитические запросы. Такой подход обеспечивает независимость компонентов, упрощая масштабирование и позволяя внедрять новый функционал, сохраняя устойчивость всей системы.

Дополнительная гибкость микросервисной архитектуры обеспечивается контейнеризацией (Docker и другие платформы). Она даёт возможность быстро развернуть несколько экземпляров баз данных и динамически перераспределять нагрузку. Управлять подобными контейнеризованными инфраструктурами помогают системы оркестрации (Kubernetes, Docker Swarm), в то время как балансировщики (например, NGINX или HAProxy) позволяют равномерно распределять запросы и гарантировать высокую доступность [11].

Для повышения производительности и уменьшения нагрузки на СУБД активно применяются брокеры сообщений, например Apache Kafka и RabbitMQ. Асинхронная передача данных помогает масштабировать систему и более эффективно проходить пиковые нагрузки. Например, аналитические данные могут поступать в базу постепенно, без перегрузки центрального сервера, что позволяет достичь высокой производительности системы в целом.

Облачные технологии оказывают огромное влияние на развитие современных СУБД, предлагая такие преимущества, как высокая доступность, масштабируемость и гибкость, поддержка реляционных и NoSQL-моделей, а также мультимодельных БД. Они предоставляют услуги в формате «База данных как сервис» (Database as a Service, DBaaS), что освобождает организации от необходимости самостоятельного управления инфраструктурой данных и позволяет сосредоточиться на развитии своих приложений.

Один из наиболее заметных современных трендов — интеграция искусственного интеллекта в СУБД. Однако исследования и разработки в области их интеграции ещё требуют усилий. Некоторые методы их объединения представлены в работах [12], [13]. Например, искусственный интеллект способен автоматизировать рутинные задачи, такие как очистка, трансформации и интеграции данных, индексация и генерация отчётов, создание научных БД [14] и т. п. Это значительно упрощает подготовку данных для последующего анализа. Также он может автоматически накапливать и анализировать данные о рабочей нагрузке и на их основании масштабировать и распределять ресурсы для повышения производительности БД. Informatica Intelligent Data Management Cloud использует искусственный интеллект для автоматизации управления данными на протяжении всего их жизненного цикла, включая предсказательное обслуживание для предотвращения сбоев и оптимизацию рабочих нагрузок.

Ещё одна сфера применения — улучшение качества данных, например идентификация и исправление несоответствий, ошибок и дубликатов, обеспечение безопасности. Так, платформа Immuta использует инструменты автоматизации отслеживания происхождения различных данных для обеспечения безопасности.

Искусственный интеллект также активно используется для оптимизации запросов на основе использования методов обработки естественного языка. Пользователи могут задавать вопросы на естественном языке и получать требуемые данные без необходимости написания сложных SQL-запросов.

5. Российский рынок СУБД

История развития отечественных технологий БД тесно связана с общемировыми достижениями и технологическими решениями. В СССР множеством научно-исследовательских институтов разрабатывались

разные типы СУБД для актуальных на тот момент отечественных и зарубежных компьютерных архитектур и операционных систем. В качестве примера можно привести такие продукты, как СУБД-Р — одну из первых отечественных РСУБД, созданную на основе модели Кодда, разработанную для обработки больших объёмов данных и документации автоматизированную систему комплексного документооборота АСКД, семейство совместимых РСУБД ПАЛЬМА для платформ ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ и IBM-совместимых персональных компьютеров. Подробнее этот вопрос представлен в книге М. Р. Когаловского [15].

Современный российский рынок СУБД претерпевает значительные изменения, особенно в свете текущей политической ситуации и развития тенденций к импортозамещению. С 2022 года в России наблюдается значительное сокращение закупок иностранного программного обеспечения, что привело к увеличению доли отечественных продуктов. Так, доля контрактов с российскими поставщиками СУБД составила около 96 % от общего объёма государственных закупок, в то время как в 2021 году эта цифра была около 85 % в пользу зарубежных продуктов [16]. В целом объём российского рынка СУБД в 2023 году составил более 29 млрд рублей, из которых почти 58,5 % приходилось на российских вендоров [17]. В 2023 году на зарубежные продукты приходилось менее 20 % российского рынка СУБД, причём основная доля этого значения определялась необходимостью поддержки приобретённых ранее иностранных решений. Подчеркнём, что здесь и далее мы не будем рассматривать облачные отечественные решения и сервисы для промышленного интернета вещей и для работы с большими данными.

Лидером рынка отечественных СУБД является компания Postgres Professional (ООО «ППГ»), которая использует проект с открытым исходным кодом PostgreSQL в качестве основы для своей СУБД Postgres Pro (<https://postgrespro.ru/>). На рынке разработчиков СУБД России представлена более 10 лет, и на сегодняшний день по разным оценкам доля компании составляет до четверти рынка.

Она обеспечивает надёжную быструю обработку данных под большой нагрузкой за счёт использования многоверсионности. Обеспечение хорошей горизонтальной масштабируемости за счёт автоматического распределения данных и запросов по кластеру с сохранением доступности и согласованности. Имеются различные инструменты управления жизненным циклом информации, снижающие затраты на хранение данных и сохраняющие производительность БД, используя встро-

енный механизм сжатия данных. Автоматизация переноса данных и кода приложений БД с Oracle на Postgres Pro: сканирование структуры, генерация SQL-скриптов для миграции. Графическая платформа обеспечивает простое управление СУБД; отображает ключевые процессы, позволяет создавать БД, управлять ими, выполнять настройку и конфигурирование СУБД, проводить мониторинг работы СУБД.

СУБД совместима с более чем четырьмястами российскими решениями, включая популярные аппаратные платформы и операционные системы и различное прикладное программное обеспечение (более подробную информацию по совместимости можно найти на сайте продукта).

Компания вообще уделяет значительное внимание развитию российской отрасли СУБД: выпускает книги, разрабатывает и свободно распространяет курсы для высшего и дополнительного профессионального образования, проводит сертификацию специалистов по PostgreSQL, переводит на русский язык и публикует техническую документацию к новым версиям PostgreSQL. Также ежегодно организует крупнейшую в России отраслевую техническую конференцию PGConf.Russia, а с прошлого года — ещё ежегодную практическую конференцию PGConf.Academy для сотрудников и преподавателей, осуществляющих подготовку ИТ-специалистов.

Линтер (Linter) — полностью отечественная РСУБД, разработанная АО НПП «Релэкс» (<https://relex.ru/ru/dbms/>). На рынке с 1990 года, компания использует собственные запатентованные решения. СУБД не основана на продуктах с открытым исходным кодом.

СУБД Линтер помогает сокращать расходы на владение программным обеспечением, предоставляет необходимые инструменты мониторинга за состоянием СУБД, обеспечивает достаточную лёгкость его интеграции в существующие приложения и инструменты работы с БД, что позволяет легко интегрировать Линтер в ИТ-проекты.

Данный продукт обеспечивает высокий уровень безопасности сведений, минимизируя возможность их утечки, полностью соответствует российским стандартам в области информационной безопасности, предоставляет возможности горячего резервирования БД и их последующего восстановления.

Работает на различных операционных системах семейства Microsoft Windows, AstraLinux, РОСА, РедОС, что обеспечивает гибкость при развёртывании и эксплуатации системы.

Отдельно можно упомянуть новый продукт компании «Релэкс», СУБД SoQoL — реляционную СУБД для систем с высокой нагрузкой, являющуюся классической дисковой СУБД (<https://soqol.ru/>). Работает SoQoL в среде Linux (Ubuntu, Debian) и Microsoft Windows 10 и выше, тестировалась в операционной системе Эльбрус, находится в процессе подтверждения совместимости с российскими операционными системами Альт Linux, AstraLinux, РОСА, РедОС. Из характеристик можно обратить внимание на следующие: исполнение всех требований ACID, реляционная модель данных, привычный SQL и программные интерфейсы. Продукт полностью контролируется российской компанией и разрабатывается по требованиям сертифицирующих органов.

Ред База Данных — это РСУБД с открытым кодом, ядро которой основано на Firebird (<https://rdb.red-soft.ru/>). Используется в решениях различного масштаба, начиная от небольших фирм и до крупного бизнеса. Распространяется в стандартной и промышленной редакции. Стандартная редакция включает усиленные опции безопасности, контроль целостности файлов. Промышленная редакция предназначена для крупных компаний. Функционал в этой версии дополнен возможностью кластеризации, дополнительными способами аутентификации и др. Работает на всех основных популярных операционных системах зарубежного и российского производства (РедОС, Альт Linux, AstraLinux, РОСА).

Ред База Данных является прямым конкурентом Microsoft SQL Server и достойной альтернативой зарубежным разработкам.

Объектно-реляционная СУБД Лира-Р (<https://lira.нпшкт.рф/>) основана на открытой версии PostgreSQL и предназначена для разработки защищённых информационных систем, обрабатывающих конфиденциальную информацию, имеет открытую расширяемую архитектуру. Она обеспечивает работу с различными типами данных, включает поддержку нереляционных форматов типов данных, позволяет добавлять новые типы данных, обеспечивает поддержку полнотекстового поиска, имеет гибкую систему назначения прав доступа, а также несколько методов аутентификации и авторизации пользователей. Также имеет средства доступа к данным Microsoft SQL Server, MySQL (может конкурировать с ними) и Oracle DB, расширения поддержки продуктов компании «1С». Функционирует под управлением отечественных операционных систем Основа, Стрелец, РедОС, Альт Linux, AstraLinux и основных зарубежных систем на базе Linux, UNIX, а также Microsoft Windows.

Ядро СУБД Jatoba (<https://jatoba.ru/>) также построено на основе открытой версии PostgreSQL и может использоваться для управления реляционными БД организаций разного размера, вплоть до больших корпораций. Разработана компанией «Газинформсервис». Из характеристик можно упомянуть о наличии инструмента, препятствующего возможности чтения данных в случае кражи, механизма защиты исходного кода от реверс-инжиниринга, SQL Firewall для выявления нетипичных SQL-запросов. Предоставляются возможности для упрощения миграции с Oracle DB и Microsoft SQL Server, достаточно простой графический интерфейс для работы с СУБД. Поддерживается работа с программной платформой «1С: Предприятие». Функционирует под управлением отечественных операционных систем ОСнова, РедОС, Альт Linux, AstraLinux, РОСА и зарубежных систем Linux (Ubuntu, Debian, Oracle) и Microsoft Windows.

Также можно упомянуть другие продукты из реестра отечественного программного обеспечения, которые можно рассматривать в качестве потенциальных вариантов для перехода с иностранных СУБД. Среди них:

- объектно-реляционная СУБД Квант-Гибрид (<https://granit-concern.ru/products/>), обеспечивающая высокую производительность и встроенное шифрование по ГОСТу;
- ProximaDB (<https://www.orionsoft.ru>), реализована на базе PostgreSQL, появилась в 2019 году. Предлагает высокую скорость развёртывания. Хотя дальнейшие перспективы развития данного продукта пока не очень понятны;
- Arenadata Postgres, ADPG (<https://arenadata.tech/products/arenadata-postgres/>), СУБД для работы с короткими транзакциями OLTP с несложными аналитическими OLAP-запросами. Предлагает аналитические витрины с небольшими объёмами информации, отказоустойчивость, инкрементальное резервное копирование и восстановление, управление пулом соединений и вендорский консалтинг, работу под управлением российских операционных систем РедОС, Альт Linux, AstraLinux, а также Ubuntu, CentOS и др.

Рынок СУБД является крупнейшим сегментом рынка инфраструктурного программного обеспечения в России. На нём есть один «глав-

ный продукт» (Postgres Pro) и множество более мелких конкурентов. При этом объём рынка, высвободившийся с уходом Oracle и других крупных иностранных игроков, позволяет развиваться нескольким крупным отечественным игрокам.

Можно выделить несколько факторов, способствующих дальнейшему развитию отечественных СУБД и улучшению положения их разработчиков. Во-первых, фактор роста запроса на импортозамещение зарубежных программных продуктов, сопровождаемый усилением требований государственных регуляторов к кибербезопасности и наличием разнообразных видов поддержки разработчиков со стороны государства. То есть явно прослеживается ключевая роль государства в развитии ИТ-рынка. Так, 3 июля 2025 года председатель Правительства Российской Федерации Михаил Мишустин дал поручение, обязывающее операторов персональных данных в России использовать исключительно отечественное программное обеспечение, включая СУБД. Во-вторых, достаточно быстрый рост качества, функциональности и пригодности продуктов, обусловленный накоплением опыта реализации большого числа проектов и соответствующего роста профессионального уровня команд разработки, внедрения и поддержки. Хотя развитие отечественных СУБД основывалось на программном обеспечении с открытым исходным кодом, главным образом на PostgreSQL, сейчас существующие отечественные решения по многим параметрам становятся в один ряд с мировыми, а по адаптации к российским реалиям часто обгоняют их. Это даёт возможность продолжать процесс импортозамещения и формирования технологического суверенитета.

Российские разработки в области СУБД могут использоваться как внутри страны, так и на международных рынках, что способствует дальнейшему росту и развитию этой отрасли.

6. Заключение

В результате проведенного анализа развития систем управления базами данных была представлена история эволюции моделей данных, выявлены основные аспекты текущего состояния СУБД, включая исследование развития отечественного рынка, а также рассмотрены тренды и перспективы дальнейшего развития технологий работы с БД.

Современный рынок СУБД характеризуется сочетанием традиционных реляционных решений и сравнительно новых моделей данных (NoSQL, NewSQL, мультимодельные платформы). Практически не про-

исходит полного замещения одних моделей другими — модели не «отмирают», а гармонично трансформируются вместе с обновлением аппаратных решений и появлением новых программных технологий. Облачные технологии, сервисы DBaaS и интеграция с искусственным интеллектом играют всё возрастающую роль, обеспечивая повышенную гибкость, масштабируемость и автоматизацию рутинных операций. При этом безопасность и защита конфиденциальных данных остаются приоритетными задачами из-за роста количества разнообразных кибератак.

В перспективе ожидается дальнейшее развитие мультимодельных и полиморфных СУБД, более глубокая интеграция систем с интернетом вещей и квантовыми вычислениями, а также усиление позиций отечественных разработок. Данные тенденции в совокупности формируют динамичную картину рынка, где выбор конкретного решения определяется балансом между производительностью, масштабируемостью и требованиями к безопасности.

Список источников

1. **Patel S., Choudhary J., Patil G.** Revolution of Database Management System: A literature Survey // *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2023. Vol. 71. No 7. Pp. 189–200. DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V71I7P218.
2. **Гольчевский Ю. В.** Изменения в подходах к обработке данных — озера данных // *Тридцать вторая годовая сессия Учёного совета Сыктывкарского государственного университета имени Питирима Сорокина [Электронный ресурс]: Февральские чтения. Национальная конференция : сборник статей: Часть 1 / отв. ред. Н. Н. Новикова*. Сыктывкар: Изд-во СГУ им. Питирима Сорокина, 2025. С. 460–466. EDN: AFDELG.
3. **Berg K. L., Seymour T., Goel R.** History Of Databases // *International Journal of Management & Information Systems*. 2012. Vol. 17. No 1. Pp. 29–36. DOI: 10.19030/ijmis.v17i1.7587.
4. **Любченко Д. П.** История возникновения баз данных // *Вестник науки*. 2019. Т. 3. № 10 (19). С. 87–90. EDN: GOERUF.

5. **Верещагин А. А., Тотмянин Н. Р.** Преимущества и недостатки нереляционных баз данных // *Научный аспект*. 2024. № 3. С. 3571–3575. EDN: BXDFAO.
6. **Sarasa-Cabezuelo А.** New Trends in Databases to NonSQL Databases // *Encyclopedia of Information Science and Technology. Fifth Edition* / ed. by Mehdi Khosrow-Pour D.B.A. Hershey: IGI Global Scientific Publishing, 2021. Pp. 791–799. DOI: 10.4018/978-1-7998-3479-3.ch054.
7. **Feuerlicht G.** Database Trends and Directions: Current Challenges and Opportunities // *Proceedings of the DATESO 2010 Annual International Workshop on Databases, TExtS, Specifications and Objects. Stedronin-Plazy, Czech Republic, April 21–23, 2010* / ed. by J. Pokorný, V. Snášel, K. Richta. CEUR Workshop Proceedings. 2010. Vol. 567. Pp. 163–174. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-567/invited1.pdf> (дата обращения: 12.05.2025).
8. **Lieponienė J.** Recent Trends in Database Technology // *Baltic Journal of Modern Computing*. 2020. Vol. 8. No 4. Pp. 551–559. DOI: 10.22364/bjmc.2020.8.4.06.
9. **Akinola S.** Trends in Open Source RDBMS: Performance, Scalability and Security Insights // *Journal of Research in Science and Engineering*. 2024. Vol. 6. No 7. Pp. 22–28. DOI: 10.53469/jrse.2024.06(07).05.
10. **Гольчевский Ю. В., Ермоленко А. В.** Актуальность использования микросервисов при разработке информационных систем // *Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика*. 2020. Т. 35. № 2. С. 25–36. EDN: MYITJK.
11. **Селезнёв А. И.** Технологии виртуализации в системах обработки данных : автореф. дис. ... магистра тех. наук: 1-45 80 01. Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024. 10 с.
12. **Shaw B., Halder B., Sen S., Basak S., Bhattacharya S.** AI DBMS in modern-day applications // *American Journal of Advanced Computing*. 2023. Vol. 2. No 1. URL: <https://ajac.smartsociety.org/wp-content/uploads/2023/10/vol-2-iss-1.1.pdf> (дата обращения: 12.05.2025).

13. **Khan M., Bibi S., Toor M., Rashid M.** Role Of Artificial Intelligence in Big Database Management // *The Asian Bulletin of Big Data Management*. 2024. Vol. 4. No 2. Pp. 186–194. DOI: 10.62019/abbdm.v4i02.164.
14. **Шестакова М. А.** Разработка и заполнение базы данных «Миоспоры позднего палеозоя» с использованием технологий искусственного интеллекта // *Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика*. 2025. Т. 54. № 1. С. 52–68. EDN: ILYNQM.
15. **Когаловский М. Р.** Энциклопедия технологий баз данных. М.: Финансы и статистика, 2002. 800 с. EDN: UWBSTT.
16. **Гурьянов В. И., Гурьянова Э. А.** Анализ тенденций рынка СУБД в России // *Казанский экономический вестник*. 2023. № 3. С. 88–92. EDN: SIJERJ.
17. **Травкина Е. А.** Развитие отечественного рынка инфраструктурного программного обеспечения в условиях внешнеэкономических ограничений // *Вектор экономики*. 2024. № 10. URL: <https://vectoreconomy.ru/images/publications/2024/10/marketing-andmanagement/Travkina2.pdf> (дата обращения: 12.05.2025). EDN: BGDQQK.

References

1. **Patel S., Choudhary J., Patil G.** Revolution of Database Management System: A literature Survey. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2023. Vol. 71. No 7. Pp. 189–200. DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V71I7P218.
2. **Golchevskiy Yu. V.** Changes in approaches to data processing — data lakes. *Tridtsat' vtoraya godichnaya sessiya Uchonogo soveta Syktyvkarского gosudarstvennogo universiteta imeni Pitirima Sorokina [Elektronnyy resurs]: Fevral'skiye chteniya: Natsional'naya konferentsiya : sbornik statey: Chast' 1 / otv. red. N. N. Novikova [Thirty-second annual session of the Academic Council of Pitirim Sorokin Syktyvkar State University [Electronic resource] : February Readings: National Conference : Collection of Articles: Part 1]*.

- Ed. by N. N. Novikova. Syktyvkar: Pitirim Sorokin Syktyvkar State University. 2025. Pp. 460–466. EDN: AFDELG. (In Russ.)
3. **Berg K. L., Seymour T., Goel R.** History Of Databases. *International Journal of Management & Information Systems*. 2012. Vol. 17. No 1. Pp. 29–36. DOI: 10.19030/ijmis.v17i1.7587.
 4. **Lyubchenko D. P.** History of the emergence of databases. *Vestnik nauki* [Bulletin of Science]. 2019. Vol. 3. No 10 (19). Pp. 87–90. EDN: GOERUF. (In Russ.)
 5. **Vereshchagin A. A., Totmyanin N. R.** Advantages and disadvantages of non-relational databases. *Nauchnyy aspekt* [Scientific aspect]. 2024. No 3. Pp. 3571–3575. EDN: BXDFAO. (In Russ.)
 6. **Sarasa-Cabezuelo A.** New Trends in Databases to NonSQL Databases. *Encyclopedia of Information Science and Technology. Fifth Edition*. Ed. by Mehdi Khosrow-Pour D.B.A. Hershey: IGI Global Scientific Publishing, 2021. Pp. 791–799. DOI: 10.4018/978-1-7998-3479-3.ch054.
 7. **Feuerlicht G.** Database Trends and Directions: Current Challenges and Opportunities. *Proceedings of the DATESO 2010 Annual International Workshop on Databases, TExtS, Specifications and Objects. Stedronin-Plazy, Czech Republic, April 21–23, 2010*. Ed. by J. Pokorný, V. Snášel, K. Richta. CEUR Workshop Proceedings. 2010. Vol. 567. Pp. 163–174. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-567/invited1.pdf> (accessed: 12.05.2025).
 8. **Lieponienė J.** Recent Trends in Database Technology. *Baltic Journal of Modern Computing*. 2020. Vol. 8. No 4. Pp. 551–559. DOI: 10.22364/bjmc.2020.8.4.06.
 9. **Akinola S.** Trends in Open Source RDBMS: Performance, Scalability and Security Insights. *Journal of Research in Science and Engineering*. 2024. Vol. 6. No 7. Pp. 22–28. DOI: 10.53469/jrse.2024.06(07).05.
 10. **Golchevskiy Yu. V., Yermolenko A. V.** The relevance of using microservices in the development of information systems. *Vestnik Syktyvkarского universiteta. Ser. 1: Matematika. Mekhanika. Informatika* [Bulletin of Syktyvkar University. Series 1: Mathematics.

- Mechanics. Informatics]. 2020. Vol. 35. No 2. Pp. 25–36. EDN: MYITJK. (In Russ.)
11. **Seleznev A. I.** *Tekhnologii virtualizatsii v sistemakh obrabotki dannykh : avtoref. dis. ... magistra tekhn. nauk: 1-45 80 01* [Virtualization technologies in data processing systems : author's abstract. diss. ... master of technical sciences: 1-45 80 01]. Minsk: Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 2024. 10 p. (In Russ.)
 12. **Shaw B., Halder B., Sen S., Basak S., Bhattacharya S.** AI DBMS in modern-day applications. *American Journal of Advanced Computing*. 2023. Vol. 2. No 1. Available at: <https://ajac.smartcommunity.org/wp-content/uploads/2023/10/vol-2-iss-1.1.pdf> (accessed: 12.05.2025).
 13. **Khan M., Bibi S., Toor M., Rashid M.** Role Of Artificial Intelligence in Big Database Management. *The Asian Bulletin of Big Data Management*. 2024. Vol. 4. No 2. Pp. 186–194. DOI: 10.62019/abbdm.v4i02.164.
 14. **Shestakova M. A.** Development and population of the «Late Paleozoic miospores» database using artificial intelligence technologies. *Vestnik Syktyvkar'skogo universiteta. Ser. 1: Matematika. Mekhanika. Informatika* [Bulletin of Syktyvkar University. Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics]. 2025. Vol. 54. No 1. Pp. 52–68. EDN: ILYNQM. (In Russ.)
 15. **Kogalovsky M. R.** *Entsiklopediya tekhnologiy baz dannykh* [Encyclopedia of database technologies]. Moscow: Finance and Statistics. 2002. 800 p. EDN: UWBSTT. (In Russ.)
 16. **Gurianov V. I., Gurianova E. A.** Analysis of DBMS market trends in Russia. *Kazan economic vestnik*. 2023. No 3. Pp. 88–92. EDN: SIJERJ. (In Russ.)
 17. **Travkina E. A.** Development of the domestic infrastructure software market in the context of foreign economic constraints. *Vector Ekonomiki* [Vector of Economics]. 2024. No 10. Available at: <https://vectoreconomy.ru/images/publications/2024/10/marketing-andmanagement/Travkina2.pdf> (accessed: 12.05.2025). EDN: BGDQQK. (In Russ.)

Сведения об авторах / Information about authors

Гольчевский Юрий Валентинович / Yuriy V. Golchevskiy

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой прикладной информатики /
Candidate of Science in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Head of Applied Informatics Department

Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина / Pitirim Sorokin Syktyvkar State University

Россия, 167001, г. Сыктывкар, Октябрьский пр., 55 / 55, Oktyabrsky Ave., Syktyvkar, 167001, Russia

Иван Дмитриевич Захаров / Ivan D. Zakharov

Ассистент кафедры прикладной информатики / Assistant Professor of Applied Informatics Department

Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина / Pitirim Sorokin Syktyvkar State University

Россия, 167001, г. Сыктывкар, Октябрьский пр., 55 / 55, Oktyabrsky Ave., Syktyvkar, 167001, Russia

Статья поступила в редакцию / The article was submitted 23.10.2025

Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing 16.11.2025

Принята к публикации / Accepted for publication 05.12.2025