

Обзорная статья

УДК 004

ББК 32.81

Д 58

DOI: 10.53598/2410-3225-2023-1-316-39-45

## Обзор мультиоблачных технологий и анализ их реализации

(Рецензирована)

**Виталий Анатольевич Довгаль**

*Майкопский государственный технологический университет,  
Адыгейский государственный университет, Майкоп, Россия, urmia@mail.ru*

**Аннотация.** Целью данного исследования являются обзор и анализ применения сравнительно новой стратегии сбора и обработки информации – мультиоблачных вычислений, хорошо зарекомендовавшей себя для использования сервисов и ресурсов из нескольких общедоступных облаков, которая рассматривается как единая сетевая архитектура. Особое внимание уделено анализу отдельных облачных провайдеров, позволяющих использовать свои серверы в общем инфраструктурном пространстве с другими провайдерами.

**Ключевые слова:** облачные вычисления, мультиоблачные вычисления, облачные сервисы, мультиоблачные платформы

Review Paper

## Overview of multi cloud technologies and analysis of their implementation

**Vitaliy A. Dovgal**

*Maikop State University of Technology,  
Adyghe State University, Maikop, Russia, urmia@mail.ru*

**Abstract.** The purpose of this study is to review and analyze the application of a relatively new strategy for collecting and processing information – multi-cloud computing, which has proven itself well for using services and resources from several public clouds, which is considered as a single network architecture. Particular attention is paid to the analysis of individual cloud providers that allow their servers to be used in a common infrastructure space with other providers.

**Keywords:** Cloud Computing, Multi-Cloud, cloud services, multi cloud platforms

**Введение**

В течение последнего десятилетия по всему миру распространилось применение новой модели обеспечения удобного сетевого доступа по требованию к некоторому общему фонду конфигурируемых вычислительных ресурсов – облачных вычислений [1]. Открытие облачных центров обработки данных, отвечающих за развертывание тысяч компьютеров, способствует увеличению количества аппаратного обеспечения и спроса на них. Кроме того, развитие облачных вычислений оказало значительное влияние на ИТ-индустрию. Масштабирование предоставляемых облачными провайдерами услуг приводит к увеличению времени обработки при ограниченных затратах. Поэтому большую часть разработок в этой области могут себе позволить вести только крупные ИТ-компании (типа IBM, Amazon и Google), которые прилагают огромные усилия для предоставления экономически эффективных облачных решений.

Для пользователя облачных сервисов их внедрение приносит удобства, заклю-

чающиеся в отсутствии затрат на разработку и обслуживание крупного здания инфраструктуры или ИТ-персонал. Сервисы облачных вычислений масштабируются в соответствии с потребностями пользователей, оплата осуществляется облачным способом в режиме реального времени и только за потребленные ресурсы. Таким образом, эволюция и инновации в области облачных вычислений помогли ей стать одной из самых быстрорастущих областей.

Однако у пользователей, переходящих с одной услуги на другую, возникают трудности, связанные с непониманием внутренней архитектуры облака, затрудняющие ее использование конечными пользователями. В целях преодоления этой проблемы в настоящее время практикуется новая технологическая концепция мультиоблачного взаимодействия, подразумевающая использование нескольких облаков от разных поставщиков без усложнения платформы. Таким образом, мультиоблачность – это использование автономных облачных платформ с одним интерфейсом, который может относиться к разным областям администрирования и реализации.

В данной статье представлен обзор мировых решений, реализующих архитектуру мультиоблачной платформы.

На рисунке 1 представлена абстрактная схема мультиоблачной технологии.

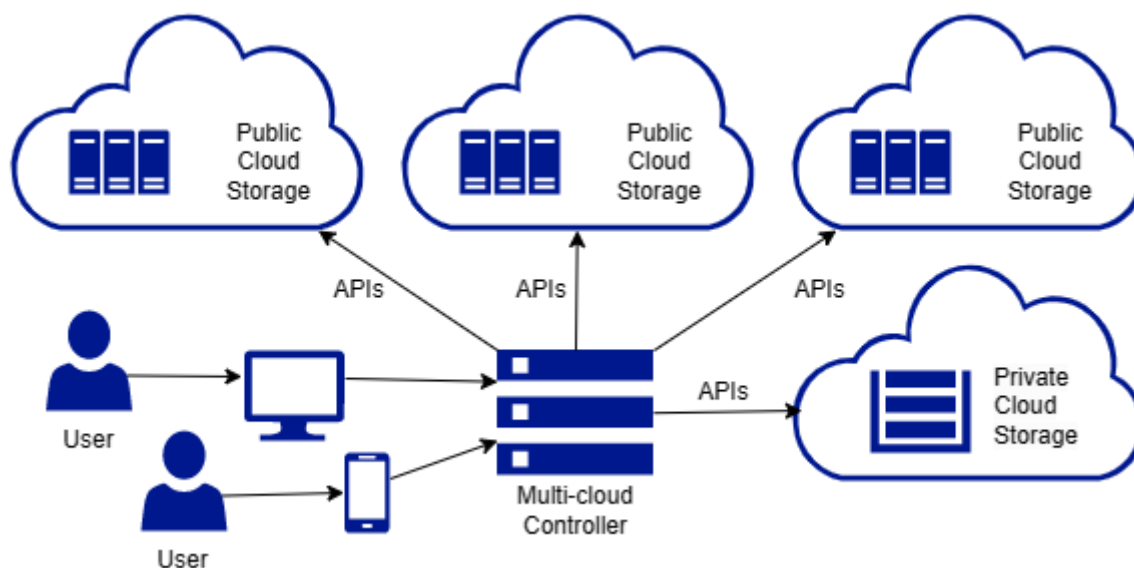


Рис. 1. Схема мультиоблачной технологии

Fig. 1. Diagram of multi-cloud technology

## 1. Мультиоблачные решения

Мультиоблачные вычисления, или облачные системы, одновременно использующие множество облачных сетей и сервисов [2], – это интеграция облачных систем нескольких поставщиков облачных ресурсов (CSP, cloud services provider), предоставляющих пользователям ресурсы, располагаемые ими на общедоступных и частных облаках, при использовании программно-определяемого подхода для подключения этих ресурсов к сетям клиента.

Такое определение напоминает кросс-облачные архитектуры – системы, охватывающие несколько границ предоставления ресурсов [3], однако в мультиоблачных системах пользователь или предприятие использует при решении своих задач разные облачные сервисы для разных приложений. Например, хранение данных может осуществляться в частном облаке, для обмена документами может применяться облачная платформа Google, а для анализа данных используется какое-либо третье облако.

С другой стороны, кросс-облачные архитектуры предназначены для того, чтобы сделать передачу данных и использование приложений с помощью облака более упорядоченными и согласованными.

Выделяют десять ключевых проблем, решаемых с помощью мультиоблачных вычислений, являющихся общими и специфичными для индивидуальных клиентов, клиентов на уровне компании, CSP и других вовлеченных сторон [4]:

1. Работа с пиковыми запросами на обслуживание или выделение ресурсов с использованием внешних запросов по запросу;
2. Оптимизация затрат или повышение качества услуг;
3. Реагирование на изменения предложений со стороны поставщиков;
4. Соблюдение ограничений, таких как новые местоположения или законы;
5. Обеспечение высокой доступности ресурсов и услуг;
6. Избежание зависимости только от одного внешнего поставщика;
7. Обеспечение резервного копирования на случай стихийных бедствий или запланированного бездействия;
8. Выполнение функций посредника;
9. Расширение предложения собственных облачных сервисов (ресурсов) на основе соглашений с другими;
10. Использование различных услуг в силу их особенностей, не предоставляемых другими поставщиками.

Например, компании, предоставляющие онлайн-сервис, могут переносить инфраструктуру с виртуальных машин, работающих постоянно, на временные виртуальные машины, позволяющие существовать ограниченному промежутку времени, что позволит снизить затраты клиентов, которые переоценили количество выделенного им времени для использования сайта или облачных приложений. Кроме того, руководитель компании-клиента может выявить использование различных частных или общедоступных облачных инфраструктур разными филиалами или командами внутри компании. Для оптимизации предоставляемых услуг или управления ими по мере роста компании-клиента необходимы кросс-облачные вычисления, позволяющие объединять команды или существенно пересматривать логику их работы.

## 2. Обзор основных мультиоблачных платформ

Amazon Web Services (AWS) – это коммерческое публичное облако, поддерживаемое и развиваемое компанией Amazon с 2006 года, которое позволяет пользователям создавать и развертывать приложения в облачной среде [5]. AWS предоставляет широкий спектр услуг, таких как вычисления, хранение данных, аналитику, машинное обучение, Интернет вещей и многое другое. Платформа может эффективно проводить масштабирование, позволяя своим клиентам справляться с увеличением рабочей нагрузки своих приложений при добавлении ресурсов по мере необходимости. Кроме того, AWS предлагает множество инструментов и сервисов, реализующих процессы автоматизации процессов пользователя и повышающие их производительность. В настоящее время это один из самых популярных облачных провайдеров в мире, используемый многими крупными компаниями по всему миру.

Microsoft Azure – это облачная платформа, разработанная компанией Microsoft [6] и предоставляющая широкий спектр облачных услуг (вычисления, хранение данных, аналитика, машинное обучение, Интернет вещей и многое другое). Azure предлагает множество инструментов и сервисов, которые помогают пользователям управлять и автоматизировать процессы в облачной среде, разрабатывать инновационные приложения с помощью новейших моделей искусственного интеллекта и универсальных инструментов (в том числе с использованием новой языковой модели Chat GPT, доступ к

которой обеспечивает Служба Azure Open AI) [7].

Облачная платформа Azure поддерживает множество языков программирования и операционных систем, включая Linux и Windows, а также интегрируется со многими другими сервисами Microsoft, такими как Office 365 и Dynamics 365, что позволяет пользователям легко создавать и развивать свои ИТ-системы на этой платформе.

Кроме того, Azure также предлагает высокий уровень безопасности, соответствующий множеству международных стандартов (ISO 27001, HIPAA, GDPR и др.), что позволяет пользователям сохранять свои данные в безопасности и соответствовать международным требованиям.

Таким образом, Microsoft Azure – это мощная, удобная, надежная и безопасная облачная платформа, используемая по всему миру и позволяющая пользователям создавать, развивать и управлять своими ИТ-системами в облаке.

Примером еще одного широко распространенного облачного провайдера является компания Google, предоставляющая облачную платформу Google Cloud Platform (GCP) [8]. Этот набор облачных служб предлагает широкий спектр облачных услуг, похожий на предыдущую платформу, а также множество инструментов и сервисов, которые помогают пользователям управлять и автоматизировать процессы в облачной среде (например, инфраструктура как услуга, платформа как услуга и бессерверные (serverless) вычисления).

GCP поддерживает множество языков программирования и операционных систем (включая Linux и Windows), интегрируется со многими другими сервисами Google, такими как Google Workspace, Google Analytics, Google Search и YouTube, что позволяет пользователям эффективно создавать и развивать свои ИТ-системы.

Так же как и предыдущая платформа, GCP обеспечивает высокий уровень безопасности, соответствуя множеству международных стандартов (таких как ISO 27001, HIPAA, GDPR и др.), что позволяет пользователям безопасно хранить свои данные.

Таким образом, Google Cloud Platform также является мощной и удобной облачной платформой, позволяющей пользователям создавать, развивать и управлять своими ИТ-системами в облаке. Широкому использованию по всему миру способствует также интеграция с корпоративными версиями Android и Chrome OS, API для машинного обучения и Google Maps.

IBM Cloud – это набор услуг облачных вычислений для бизнеса, предлагаемых информационно-технологической компанией IBM [9]. Облачная платформа включает в себя инфраструктуру как услугу (IaaS), программное обеспечение как услугу (SaaS) и платформу как услугу (PaaS), предлагаемые через публичные, частные и гибридные модели предоставления облаков, в дополнение к компонентам, которые составляют эти облака.

В помощь пользователям для создания и запуска инновационных приложений и сервисов платформа IBM Cloud использует передовые технологии, такие как искусственный интеллект, блокчейн и аналитику данных. Эффективному развертыванию приложений способствует применение открытых стандартов и инструментов, таких как Kubernetes и Cloud Foundry.

Уровень управления облачной инфраструктурой IBM включает промежуточное ПО IBM Tivoli [10]. Средства управления предоставляют возможности для регулирования образов с помощью автоматической инициализации и отмены ресурсов, мониторинга операций и учета использования при отслеживании затрат и распределении счетов. Последний уровень платформы предоставляет интегрированные инструменты рабочей нагрузки.

IBM Cloud поддерживает множество языков программирования и операционных систем (Linux, Microsoft Windows, iOS, Android), также интегрируется со многими дру-

гими сервисами IBM (например, Watson и Red Hat), что позволяет пользователям эффективно создавать и развивать свои IT-системы на платформе IBM Cloud.

IBM Cloud также обеспечивает высокую доступность и надежность, предлагает возможности резервного копирования и восстановления данных.

С помощью IBM Cloud пользователи могут применять различные модели развертывания, включая облачные, гибридные и локальные, при высоком уровне безопасности, соответствующем множеству ранее упоминаемых международных стандартов.

Таким образом, IBM Cloud – это мощная и удобная облачная платформа, располагающая 60 дата-центрами по всему миру, предлагающая пользователям арендовать сервисы для создания, развития и управления своими IT-системами в облаке.

Oracle Cloud – это служба облачных вычислений, предлагаемая Oracle Corporation, предоставляющая серверы, хранилища, сети, приложения и сервисы через глобальную сеть центров обработки данных Oracle Corporation [11].

Oracle Cloud Infrastructure предоставляет все услуги, необходимые для миграции, создания и запуска всех IT-инфраструктур, от существующих корпоративных рабочих нагрузок до новых облачных приложений и платформ данных. Платформа интегрируется со многими другими сервисами Oracle, такими как Oracle Database и Oracle Analytics Cloud, что позволяет пользователям легко создавать и развивать свои IT-системы на платформе Oracle Cloud.

Высокая доступность, безопасность и надежность платформы обеспечивается благодаря соответствию множеству международных стандартов. Кроме того, пользователям предлагается возможность резервного копирования и восстановления данных. Oracle Cloud позволяет использовать различные модели развертывания, включая облачные, гибридные и локальные, чтобы выбрать оптимальное решение для потребностей пользователя.

Таким образом, и Oracle Cloud является мощной и удобной облачной платформой, позволяющей пользователям создавать, развивать и управлять своими IT-системами в облаке. Как и другие приведенные в статье облачные платформы, она широко используется по всему миру и является одним из наиболее надежных и безопасных облачных провайдеров в отрасли.

Среди иностранных облачных платформ есть место и для российской – ее достойно представляет Yandex Cloud (ранее Яндекс.Облако) – это публичная облачная платформа от транснациональной Интернет-компании «Яндекс» [12]. Yandex.Cloud предоставляет частным и корпоративным пользователям инфраструктуру и вычислительные ресурсы в формате as a service. Платформа включает инфраструктурные сервисы, а также сервисы для управления данными, инструменты для разработки облачных приложений и моделей машинного обучения и собственные сервисы на их основе.

Помимо инфраструктуры и сетей российский облачный набор включает в себя инструменты контейнерной разработки Managed Service for Kubernetes (управление кластерами Kubernetes) и Container Registry (управление docker-образами), ресурсы бессерверных вычислений (Cloud Functions, Yandex Database, Yandex IoT Core), средства машинного обучения и обеспечения информационной безопасности (Key Management Service, Certificate Manager, Lockbox). К настоящему времени облачную платформу используют более 270 крупных компаний.

## **Заключение**

В данном исследовании рассмотрена мультиоблачная технология как способ сведения к минимуму разрыва между аналогичными сервисами, предоставляемыми отдельными облаками разных поставщиков. Кроме того, сделан анализ функционального наполнения провайдеров облачных технологий, наличия средств обеспече-

ния информационной безопасности и т.д., которые должны приниматься во внимание потребителями облачных вычислений при переключении между различными мультиоблачными сервисами.

### Примечания

1. Довгаль В.А., Довгаль Д.В. Облако вещей: анализ проблем обеспечения конфиденциальности и безопасности // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Ялта, 24–26 мая 2021 года / Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Гуманитарно-педагогическая академия (филиал). Симферополь: ИТ «Ариал», 2021. С. 222–232.

2. Naskos Athanasios & Gounaris Anastasios & Sioutas Spyros. (2016). Cloud Elasticity: A Survey. URL: [https://www.researchgate.net/publication/314668809\\_Cloud\\_Elasticity\\_A\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/314668809_Cloud_Elasticity_A_Survey) (дата обращения: 05.02.2023). DOI: 10.1007/978-3-319-29919-8\_12

3. An implementation of a multi-site virtual cluster cloud / U-chupala Pongsakorn & Uthayopas Putchong & Ichikawa Kohei & Date Susumu & Abe Hirotake. (2013). P. 155–159. DOI: 10.1109/JCSSE.2013.6567337

4. Lifecycle management of service-based applications on multi-clouds: a research roadmap / G. Baryannis, P. Garefalakis, K. Kritikos, K. Magoutis, A. Papaioannou, D. Plexousakis and C. Zengin // Proceedings of the 2013 International workshop on Multi-cloud applications and federated clouds. P. 13–20. URL: [http://users.ics.forth.gr/~papaioan/publications/papaioan\\_multicloud2013.pdf](http://users.ics.forth.gr/~papaioan/publications/papaioan_multicloud2013.pdf) (дата обращения: 06.02.2023).

5. [Электронный ресурс]. URL: <https://aws.amazon.com/ru/>

6. [Электронный ресурс]. URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/>

7. ChatGPT is now available in Azure OpenAI Service. URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/chatgpt-is-now-available-in-azure-openai-service/> (дата обращения: 05.02.2023).

8. [Электронный ресурс]. URL: <https://cloud.google.com/>

9. IBM Cloud. Hybrid. Open. Resilient. URL: <https://www.ibm.com/cloud> (дата обращения: 03.02.2023).

10. What is private cloud? [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.ibm.com/topics/private-cloud#manage> (дата обращения: 05.02.2023).

11. Oracle Cloud Infrastructure (OCI). URL: <https://www.oracle.com/cloud/> (дата обращения: 03.02.2023).

12. Yandex Cloud. URL: <https://cloud.yandex.ru/> (дата обращения: 06.02.2023).

### References

1. Dovgal V.A., Dovgal D.V. Cloud of things: Analysis of privacy and security problems // Information systems and technologies in modeling and management: Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference, Yalta, May 24–26, 2021 / Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, Humanitarian-Pedagogical Academy (branch). Simferopol: IT Arial, 2021. P. 222–232.

2. Naskos Athanasios & Gounaris Anastasios & Sioutas Spyros. (2016). Cloud Elasticity: A Survey. URL: [https://www.researchgate.net/publication/314668809\\_Cloud\\_Elasticity\\_A\\_Survey](https://www.researchgate.net/publication/314668809_Cloud_Elasticity_A_Survey) (access date: 05/02/2023). DOI: 10.1007/978-3-319-29919-8\_12

3. An implementation of a multi-site virtual cluster cloud / U-chupala Pongsakorn & Uthayopas Putchong & Ichikawa Kohei & Date Susumu & Abe Hirotake. (2013). P. 155–159. DOI: 10.1109/JCSSE.2013.6567337

4. Lifecycle management of service-based applications on multi-clouds: a research roadmap / G. Baryannis, P. Garefalakis, K. Kritikos, K. Magoutis, A. Papaioannou, D. Plexousakis and C. Zengin // Proceedings of the 2013 International workshop on Multi-cloud applications and federated clouds. P. 13–20. URL: [http://users.ics.forth.gr/~papaioan/publications/papaioan\\_multicloud2013.pdf](http://users.ics.forth.gr/~papaioan/publications/papaioan_multicloud2013.pdf) (access date: 06/02/2023).

5. [Electronic resource]. URL: <https://aws.amazon.com/ru/>

6. [Electronic resource]. URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/>

7. ChatGPT is now available in Azure OpenAI Service. URL: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/chatgpt-is-now-available-in-azure-openai-service/> (access date: 05/02/2023).

8. [Electronic resource]. URL: <https://cloud.google.com/>

9. IBM Cloud. Hybrid. Open. Resilient. URL: <https://www.ibm.com/cloud> (access date:

03/02/2023).

10. What is private cloud? [Electronic resource]. URL: <https://www.ibm.com/topics/private-cloud#manage> (access date: 05/02/2023).

11. Oracle Cloud Infrastructure (OCI). URL: <https://www.oracle.com/cloud/> (access date: 03/02/2023).

12. Yandex Cloud. URL: <https://cloud.yandex.ru/> (access date: 06/02/2023).

*Статья поступила в редакцию 24.02.2023; одобрена после рецензирования 10.03.2023; принята к публикации 11.03.2023.*

*The article was submitted 24.02.2023; approved after reviewing 10.03.2023; accepted for publication 11.03.2023.*

© В.А. Довгаль, 2023