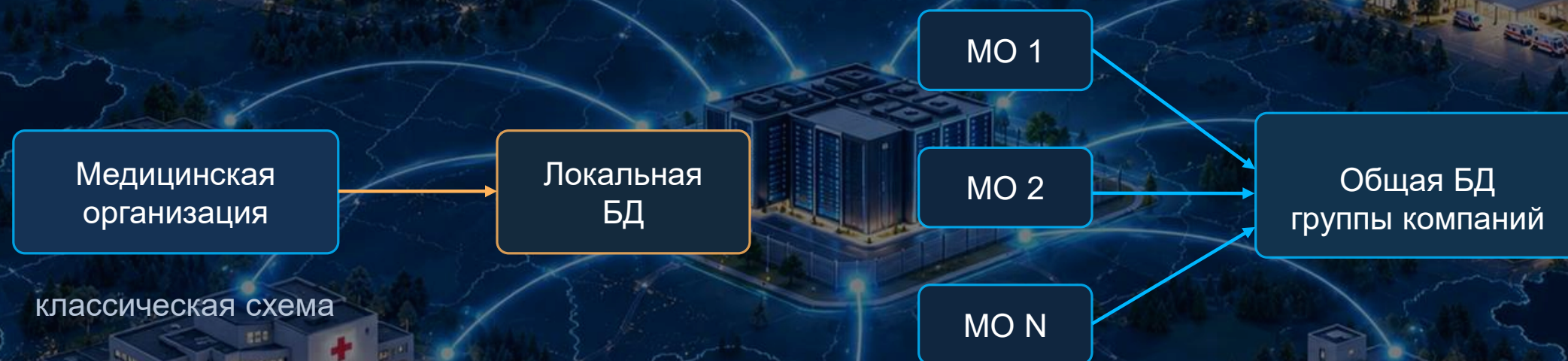


Региональная высоконагруженная МИС. Без права на промедление

Богданов Алексей
ООО «Решение»

Устоявшаяся годами модель работы МИС: одна медицинская организация - одна БД

Локальная установка была естественным выбором: рядом с пользователем, рядом с процессом, а главное быстро и надежно



классическая схема

Эта модель отлично работала, пока масштаб ограничивался одной медицинской организацией или сетью МО группы компаний (холдингов)

1095-р и первые региональные проекты: единая МИС, но разная топология

Единая платформа на основе МИС «Ариадна», но с разными техническими возможностями регионов

Мурманская и Архангельская области

- › децентрализованные инсталляции МО
- › главный ограничитель – каналы связи
- › главный принцип – устойчивость важнее централизации

Кемеровская область

- › появление «кустовых» баз данных
- › одна БД для нескольких юриц
- › компромисс между централизацией и надежностью

Ленинградская область

- › модернизация каналов связи ЕСПД 2.0
- › наличие своего ЦОД с существенными ресурсами
- › Указ – все МО обязаны работать в единой БД

Уже на этом этапе стало очевидно: региональная МИС – это не масштабирование коробки, а отдельная комплексная инженерная задача

ЕМИС ЛО: вызов уровня региона

Проект правительства Ленинградской области

Одна система, одна БД, одни правила игры для всех медицинских организаций

45

медицинских
организаций в
одном контуре

18000+

«живых» пользователей
МИС «Ариадна»

400+

Подключаемых
лабораторных
анализаторов

1 + 5

мастер-база и пять
реplik Postgres Pro
Standard

2 + 1

Два сервера
приложений и один
сервер мониторинга

Что дает единая архитектура

Задача проекта – не просто переехать в ЦОД, а в управляемой цифровой медицинской экосистеме региона

Единая ЭМК

карта пациента стала по-настоящему единой, со сквозной историей

Прозрачность

оперативная картина, как в отчетности, так и в финансах

Единые обновления

обновление приходит одновременно всем, без лага на тиражирование

Меньше «пересадок»

направления на исследования, госпитализации и т.д. внутри МИС

Управляемость

новые функции внедряются централизованно и оперативно

Единство

Сильные МО «подтягивают» более слабых на основе своих процессов

Оптимизированная платформа РС ЕГИСЗ (Нетрика.Здравоохранение)

сохранение региональной компоненты для взаимодействия с ЕГИСЗ, с одновременным уменьшением затрат на сервисы взаимодействия между самими медицинскими организациями. Сокращение технических ошибок и проблем с взаимодействием сервисов

Единая МИС – это когда данные перестают быть разрозненными между МО, а управляемость и бизнес-процессы становятся общим достоянием

Декабрь 2024: единая регистратура первой волной

Переход без остановки региона

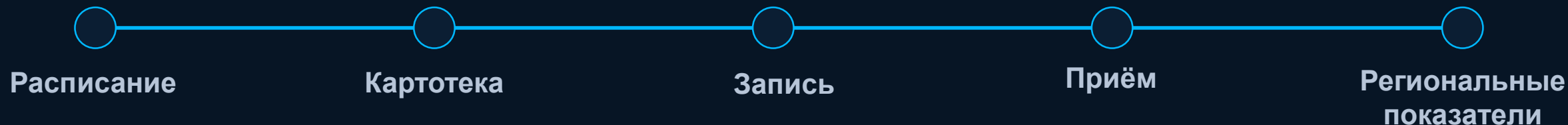
Декабрь 2024

500–700

Единая регистратура и запись на приём

- › полный переход всех МО на регистратуру ЕМИС ЛО
- › первый устойчивый контур под реальными пользователями
- › параллельная работа с историческими МИС

одновременных
подключений к БД на
старте внедрения



Кризис роста: 2 500+ подключений

Когда медицинские организации массово пошли полностью в ЕМИС, архитектура встретила с реальностью

2 500+

одновременных подключений к БД стали критической массой для Postgres, после чего началась деградация производительности

опыт других регионов с иными МИС подсказывал – «ничего хорошего не жди»...

Причины

- › рост числа активных сессий
- › внутренние особенности и механизмы блокировок PostgreSQL
- › пики пользовательской активности утром и в пересменки
- › ЛИС и анализаторы с большим потоком данных от приборов
- › периоды выставления счетов в ОМС

Дорогое железо покупает время, но не решает проблему

Enterprise-редакция и увеличение ОЗУ помогли — но только до следующей волны внедрения.

Начало компенсирующих мероприятий для стабилизации

Что помогало

Переезд на Enterprise-редакцию СУБД Postgres Pro, увеличение памяти, точечная настройка параметров СУБД, «убивание» сессий

Почему этого не хватило

После очередного перевода новых МО на ЕМИС и увеличения числа подключений, система возвращалась к исходной проблеме

Что стало очевидно

Нужно было срочно не наращивать железо, а менять подход к архитектуре и нагрузке.

Это был момент, когда «да добавим еще железа» перестало звучать как надежный план. Ранее известное и ожидаемое нами поведение на примере Oracle Database разительно отличалось от того, что выдавала СУБД Postgres. Начались бессонные ночи и судорожные поиски решения для образовавшейся проблемы.

Переосмысление исходной архитектуры

Самая сложная часть – признать, что привычная архитектура стала кандалами на глобальном проекте

Что было встроено в ядро

- › бизнес-логика в SQL / PL/pgSQL
- › логирование и права доступа через пользовательские сессии в БД
- › формирование документов и отчётов
- › формирование СЭМД и счетов ОМС
- › работа интенсивных сервисов (ЗПВ)

Поставленные задачи самим себе

- › сократить “аппетит” к сессиям с помощью балансировщиков нагрузки
- › разработать новый механизм внутренней идентификации пользователей в БД
- › перевести нагрузку на реплики
- › убрать паразитную конкуренцию за CPU

Оценка цены решения – сотни человеко-часов архитектора и разработчиков МИС.

Награда – управляемый рост и возможность продолжать проект.

Стратегия выхода из кризиса

Взгляд на проблему с архитектурной точки зрения и выработка комплекса мер для её устранения

- | | | | | | |
|----|--|----|---|----|--|
| 01 | Оптимизация СУБД: WAL, SUBTRANS и другие параметры | 04 | Автоматически освобождать подключения при простое | 07 | СЭМД и валидатор – в отдельные утилиты на репликах |
| 02 | «Отселить» лабораторию на отдельный сервер | 05 | Оптимизировать запросы и хранимые процедуры | 08 | Сборка счетов – конвейерным методом |
| 03 | Перейти на балансировщики | 06 | Вынести отчеты и часть сервисов на реплики | 09 | Резервирование – через pgpro_backup с реплики |

Логика проста: пользователь МИС не должен соревноваться за ресурсы с лабораторией, отчетами, СЭМД и счетами

ЛИС: вывести интенсивный поток данных из лаборатории в отдельный поток

ЛИС получила отдельный контур производительности, не выпадая из общей региональной архитектуры.

Pandora

middleware в МО

ЛИС NLAB

отдельный сервер

ЦОД ЕМИС

единый контур данных, ядро ЕМИС

«Выселение» ЛИС в отдельную БД – самое быстрое и простое решение, не нарушающее общий принцип.

ЛИС осталась в едином контуре данных в ЦОД и обзавелась своей базой данных.

Анализаторы в МО работают через Ариадна.Pandora, обеспечивая бесперебойность оборудования

Ядро самой ЕМИС освобождено от интенсивного лабораторного потока, требующего анализа, парсинг, валидации и т.д.

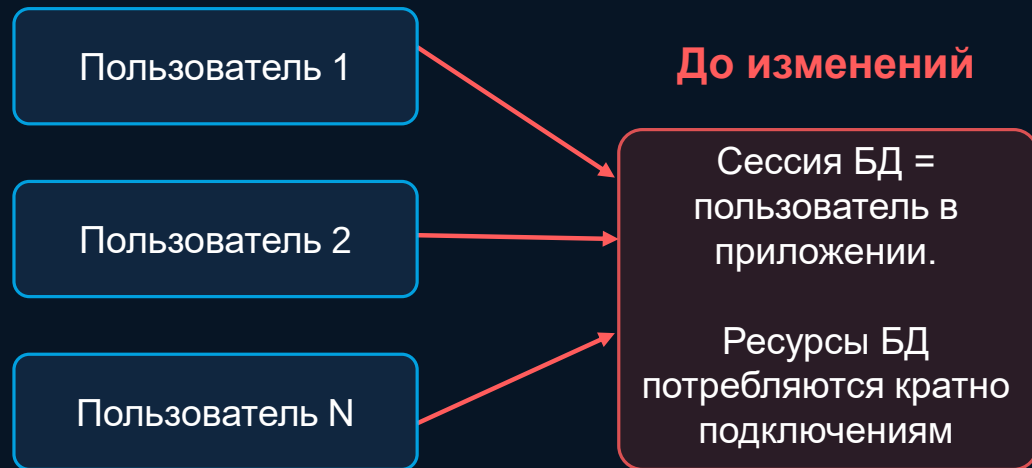
Обуздать слонов

и не утонуть в море подключений

PostgreSQL – наш слоняра, но им нужно управлять, а не тянуть за хвост

Главный ожидаемый эффект: переход на транзакционный пул

Подключение к БД должно стать не собственностью пользователя, а коротко арендуемым ресурсом



Текущее состояние:

- › права и логирование опирались на постоянную сессию
- › каждая сессия – свой объем потребляемой памяти и конкурент за процессор



Ожидаемый эффект:

- › Получение ограниченного количества сессий
- › уменьшение издержек СУБД на обслуживание запросов и сокращение потребления ОЗУ и ядер процессора

Выбранный и настроенный нами **pgBouncer** оказался недостаточно хорош

Нам нужен был новый герой

Ариадна и Odyssey : античная команда для обуздания Postgres

Высокопроизводительный пулер от команды Яндекса стал точкой спасения

Ключевые возможности Odyssey:

- › корутины и высокая эффективность в многопоточности
- › transaction pooling как основной режим
- › наличие механизма частичного освобождения ресурсов (smart discard)
- › гибкие параметры конфигурирования под задачи регионального проекта

Полученный результат:

- › основная проблема с блокировками и деградацией под большим числом сессий была снята
- › Для большей управляемости и противодействию «потопам» (flood), МО были разделены на группы по разным серверам с балансировщиками.
- › Деградация каналов связи одной МО и замедление в отдаче результатов не сказывалось на других МО

СЭМД: из хранимой процедуры в отдельный сборщик

Узкое место оказалось не только в БД, но и в способе сборки документов.

Исторически

- › сборка документа через одну точку входа и function-hell с сотнями последовательных вызов процедур
- › ветвления BEGIN ... EXCEPTION ... END, забивающих стек подтранзакций (SUBTRANS)
- › агрессивное использование временных таблиц
- › 60+ параллельных сессий по сборке СЭМД при 80 vCPU оставляли на другие задачи менее 20% вычислительной мощности

После переработки

- › отдельная утилита-сборщик на основе шаблонизатора Velocity
- › поддержка работы с репликами
- › топ-5 самых часто используемых СЭМД перенесены на сборщик, освободив ресурсы мастер-базы
- › конкурентных сборок стало не более 5–10
- › скорость сборки СЭМД и валидации сократилась на 30-50% и в среднем составляет около 1 секунды

Реестры ОМС: не обвалить работу ЕМИС в период выставления счетов

Счета — один из самых агрессивных процессов: миллионы сущностей, валидация, агрегация, деньги.

Ключевой источник проблем:

- › Борьба за чистоту и правильность данных: более сотни динамических проверок анализируют случаи лечения и спасают МО от ошибок «человеческого фактора» еще до попадания в счет.
- › пик нагрузки по счетам — первые 5 рабочих дней месяца, когда вся область подает сведения
- › анализ, сборка, валидация и агрегация — лишь крупные мазки всего процесса
- › ошибка в производительности = риск краха для всей системы

Решение:

- › Конвейер счетов + ограничение параллельных вычислений = прогнозируемая нагрузка, а не региональный коллапс.
- › Каждый счет попадает в очередь и обрабатывается последовательно после завершения пакетной обработки предыдущей партии
- › у МО есть доступы и статусная модель чтобы отслеживать прохождение своих счетов

управляемая
очередь

предсказуемый пик

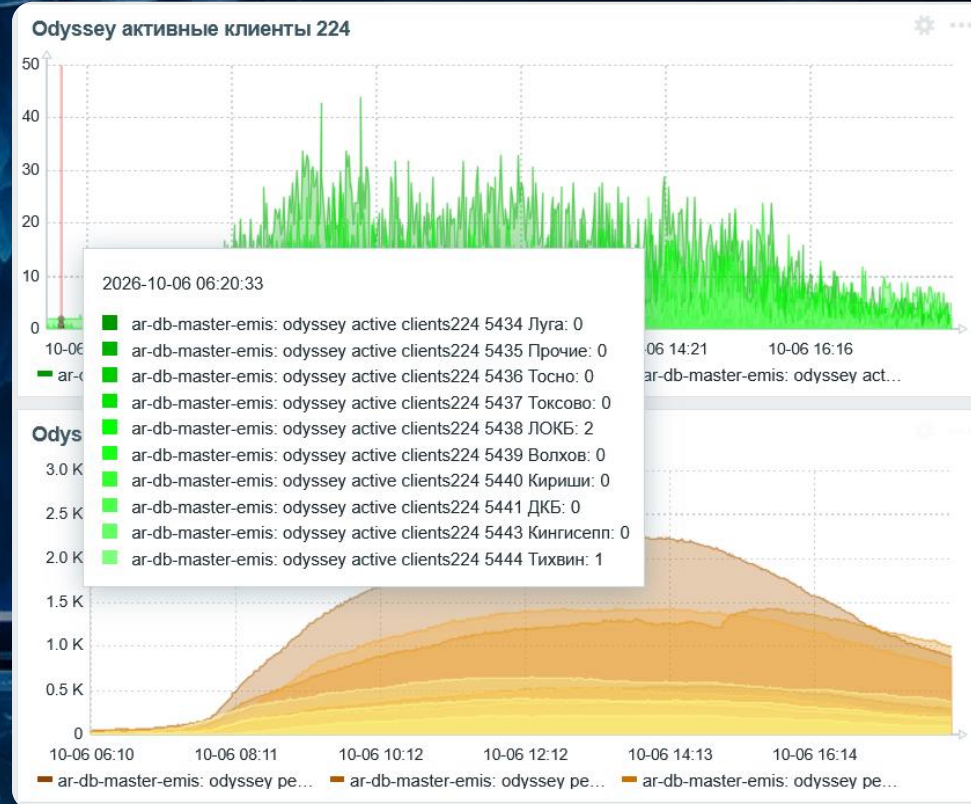
статусная модель

Мониторинг: превентивное управление инцидентами

Производительность нельзя обеспечивать “по ощущениям”.

Применяемый комплекс мер и мероприятий

- › постоянный и непрерывный автоматизированный контроль состояния кластера СУБД и сервером ЕМИС ЛО на основе метрик Zabbix
- › настроенная система алертов и уведомлений
- › выявление и разбор аномалий еще до поступления массовых жалоб
- › оповещения и боты для оперативной реакции техподдержки
- › метрики как язык между эксплуатацией и разработкой



Управлять можно только тем, что можно измерить и оценить

Итог всех усилий: новый вид региональной МИС

За видимой отзывчивостью интерфейса — огромная инженерная работа «под капотом»

45

Работающих МО
на единой базе

12 000+

пиковых **одновременных**
подключений

40 / 80

всего физических ядер /
vCPU на мастере

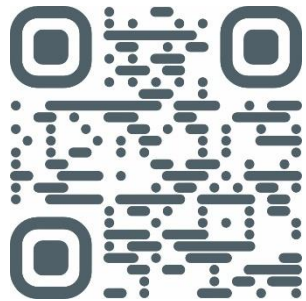
512 ГБ

ОЗУ на мастер-
сервере

Из 5 реплик осталось только 2 синхронных — ресурсы используются эффективнее и разумнее.
В базе данных уже **миллиарды** строк данных и все в онлайн-доступе для пользователей.

**Наш главный вывод: масштабирование — это не столько про покупку железа.
Это совершенствование архитектуры через кризис роста**

Контакты ООО «Решение»

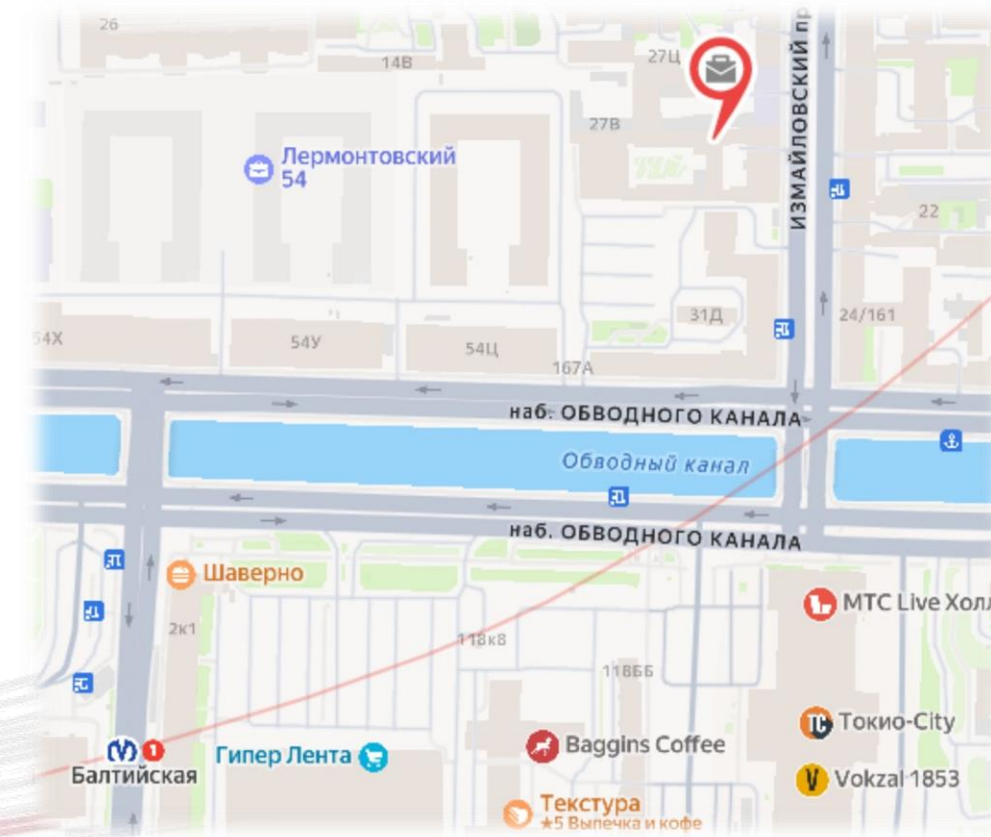


190005, Санкт-Петербург,
Измайловский пр., д. 29, лит. А,
бизнес-центр «Маркс»
Тел. +7 (812) 337-70-07
info@reshenie-soft.ru



**Богданов Алексей
Александрович**

Заместитель генерального
директора alexey@reshenie-soft.ru
<https://t.me/AlexeyBogdanovSpb>
+7 (921) 319-24-95



Благодарю за внимание!