

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ДОКУМЕНТ

---

# Искусственный интеллект: от прогнозной до предписывающей аналитики и не только

## Автор

—

Джеймс Х. Чаппелл (James H. Chappell)

Вице-президент по информационным решениям

## Краткий обзор

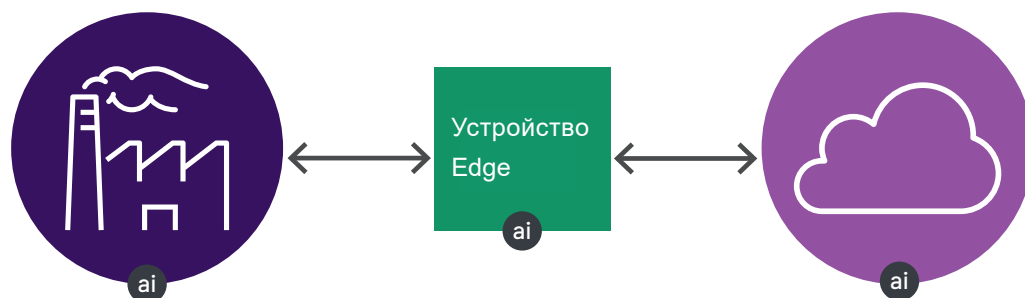
Современные технологии искусственного интеллекта улучшают производственные процессы, проактивно обнаруживают и решают проблемы и помогают принимать решения на основе рисков, что приводит к значительной экономии затрат и повышению конкурентоспособности предприятия.

Искусственный интеллект (ИИ) существует уже несколько десятилетий, причем первые технологии в нейронных сетях, игровом ИИ и обработке естественного языка относятся к 1950-м годам. Но для работы этих технологий, как правило, требовались очень большие компьютеры, поэтому они в основном существовали в компьютерных лабораториях университетов и других крупных исследовательских институтов. Благодаря невероятным достижениям в области аппаратного обеспечения ИИ на рабочем месте стал реальностью. Его внедрение начиналось медленно, но затем набрало обороты. Сегодня искусственный интеллект принимает множество форм. За последние двадцать лет он значительно изменил рабочие места в промышленности. Однако перед нами все еще стоит задача заполнить пробел между технологиями ИИ и человеческим пониманием. Чтобы извлечь из ИИ максимальную пользу, эта технология должна проходить через человеческий канал.

ИИ меняет рабочие места за счет цифровой трансформации, что приводит к широкому использованию цифровых двойников. «Цифровой двойник» — это, по сути, виртуальное представление физического объекта или системы. По мере развития он также охватывает более крупные объекты, такие как здания, фабрики и города. Он включает в себя данные Интернета вещей, передовые компьютерные системы, цифровые процессы, электронные документы и расширенную аналитику, которые моделируют физическое пространство. Для получения максимальной отдачи от цифрового двойника необходим ИИ. Сочетание ИИ с цифровым двойником приводит к значительному повышению производительности. Не теоретическому, а реальному и измеримому. ИИ повышает производительность труда, а также безопасность, надежность и качество. Благодаря улучшению энергоэффективности и сокращению количества отходов ИИ создает в целом более экологичную среду с повышенной устойчивостью. ИИ также помогает самим рабочим. Исследования показывают, что новых квалифицированных кадров не хватает для замены опытных сотрудников, быстро приближающихся к пенсионному возрасту. ИИ помогает сократить этот разрыв.

Изменения, основанные на ИИ, охватывают многие аспекты промышленного процесса: от проектирования и разработки до эксплуатации и технического обслуживания. ИИ упрощает решение инженерных задач за счет автоматизированного проектирования, что позволяет снизить общие затраты и риски в капитальных проектах. После реализации цифрового двойника в производственной среде ИИ оптимизирует эксплуатацию, создавая безопасные и прибыльные процессы в рамках существующих ограничений и регулирующих норм. Он автоматизирует мониторинг и управление посредством аналитики с замкнутой обратной связью для автономного оперативного контроля безопасности и производительности. Техобслуживание значительно улучшается, так как ИИ использует множество методов повышения долговечности и эффективности активов, обеспечивая при этом безопасную и надежную среду для персонала с помощью прогнозной и предписывающей аналитики. Наконец, планирование тоже оптимизируется с помощью различных типов ИИ, чтобы создать самообучающийся подход для непрерывного улучшения, снизить риски и максимизировать прибыльность.

Безусловно, ИИ существенно меняет рынок труда, что приводит к упразднению определенных профессий. Для некоторых это может иметь весьма негативные последствия. Но в то же время он создает и множество новых рабочих мест. Например, для технических специалистов по мониторингу, аналитике данных, специалистов по данным и т. д. По оценкам Forbes, к 2022 году 75 миллионов рабочих мест будут заменены ИИ (машинами и алгоритмами). Одновременно ожидается создание 133 миллионов новых рабочих мест, что приведет к чистому увеличению числа рабочих мест в следующие 3-4 года на 58 миллионов. Конечно, в этом нет ничего нового. На протяжении веков внедрение новых технологий меняло потребности в рабочей силе. В конечном итоге история показала, что хотя инновации действительно упраздняют некоторые рабочие места, они обычно больше добавляют, чем отнимают, и приводят к чистому увеличению общей численности персонала. К сожалению, ИИ иногда вызывает страх перед неизвестным, включая беспокойство о конфиденциальности и замене людей машинами.



Компании должны принимать меры для преодоления этих страхов, обеспечивая сотрудникам надлежащие каналы обучения и коммуникаций, чтобы свести к минимуму дезинформацию и общее непонимание.

ИИ может развертываться локально, в облаке, на периферии и с помощью многих типов гибридных архитектур. Сам по себе ИИ — это не что-то одно. Он состоит из ряда технологий, включая нейронные сети, глубокое обучение (разновидность нейронных сетей), обработку естественного языка, компьютерное зрение, неконтролируемое машинное обучение, контролируемое машинное обучение, обучение с подкреплением, трансферное обучение. Различные типы ИИ по-разному применяются в промышленности для создания целевых решений, предоставляемых в виде описательной, прогнозной и предписывающей аналитики. Относительно распространенным решением для выявления аномалий в оборудовании и процессах, используемым сегодня в широком спектре отраслей, является прогнозная аналитика в форме машинного обучения. Эти аномалии могут указывать на проблемы с производительностью или ухудшение технического состояния активов задолго до срабатывания любой системы управления, предупреждения или сигнала тревоги SCADA. С прогнозирующей аналитикой срок опережения может составлять дни, недели или даже месяцы, что дает операторам и обслуживающему персоналу достаточно времени для реагирования, планирования ремонта и исправлений. Программные инструменты становятся все более и более сложными, чтобы обеспечить дополнительную информацию об этих аномалиях. Например, определить, какие датчики являются основными источниками проблемы, а также ее вероятную первопричину. В результате проблемы могут быть обнаружены и исправлены задолго до того, как они окажут серьезное влияние на работу. Это приводит к сокращению времени простоя, повышению качества продукции, снижению рисков, повышению общей эффективности и прибыльности.

С промышленной точки зрения ИИ можно разделить на четыре компонента, которые компания AVEVA определяет следующим образом.

- **Прогнозная аналитика:** Это метод распознавания образов и обнаружения аномалий на основе машинного обучения. В нем большие данные используются для создания цифровых подписей активов и процессов, а затем для обнаружения как отклонений, так и совпадающих шаблонов для ранних предупреждений о нерешенных проблемах, неэффективности и ошибках проектирования. Большие данные могут поступать из различных источников, включая датчики, озера данных, серверы исторических данных, вычисленные значения, аудио, видео и т. д.
- **Аналитика эффективности:** Основанная на анализе первых принципов (моделирование) и машинном обучении, эта система оптимизации применяет алгоритмы и методы моделирования, специфичные для отрасли и активов (часто основанные на термодинамических принципах), для ранних предупреждений о нерешенных проблемах и неэффективности по сравнению с фактическими значениями датчиков. Это сочетание онлайн-приложений и программного обеспечения для моделирования, которое использует машинное обучение для определения базовой эффективности за счет расширенного анализа шаблонов, чтобы гарантировать точное соответствие математических моделей и реальности. Позволяет быстро обнаружить отклонения и своевременно принять меры для исправления ситуации.
- **Предписывающая аналитика:** Основываясь на проблемах, обнаруженных в прогнозной аналитике и анализе эффективности, эта функция обеспечивает анализ первопричин, планирование и поддержку решений, а также вероятностные варианты действий для наилучшего исправления и оптимизации возникшей ситуации.
- **Прогностическая аналитика:** Используя нейронную сеть, технологии глубокого обучения и обучения с подкреплением, этот вид аналитики позволяет прогнозировать будущие события. Ее можно использовать для мониторинга/управления и оптимизации планирования, а также для определения того, как долго актив или процесс могут продолжать безопасно работать (после обнаружения аномалии) до того, как произойдет отказ или значительная потеря функциональности. Также может предоставить анализ решений, основанный на оценке рисков: например, следует ли предпринимать попытки запуска оборудования до следующего планового отключения для техобслуживания.

Применение ИИ к большим данным привело к получению огромного количества информации, которое растет с каждым годом. Чтобы сделать эту информацию полезной, все большее распространение получают графы знаний, помогающие применять контекст. Не все знают, например, что графы знаний реализованы на ряде широко используемых сайтов, включая Google, Facebook и LinkedIn. В сфере промышленности компания AVEVA предоставляет графы знаний для контекстуализации информации с помощью онтологии, охватывающей аспекты проектирования (капитальные расходы), а также эксплуатации и обслуживания (эксплуатационные расходы) в течение всего жизненного цикла промышленного актива.

Такая широта уникальна для промышленности и позволяет собирать, систематизировать, анализировать и раскрывать эту информацию для получения максимальной пользы и простоты использования.

При всех возможностях и сложности различных типов искусственного интеллекта, доступных сегодня, ИИ может ошеломлять и даже казаться пугающим для персонала предприятий. Поэтому так важно говорить о технологиях ИИ на понятном языке и, что еще важнее, разъяснять его ценность для бизнеса. Это особенно значимо в условиях стареющей рабочей силы и необходимости фиксировать и передавать знания в бизнес-контексте. Помимо строительства моста между ИИ и человеческим пониманием, это также будет способствовать обучению и улучшению навыков сотрудников.

Существует много типов ИИ, но именно прогнозная аналитика в форме машинного обучения стала одной из наиболее распространенных передовых технологий, используемых сегодня в промышленности. Хотя ее называют «прогнозной», на самом деле это очень эффективный метод обнаружения аномалий почти в режиме реального времени. Это технология усовершенствованного распознавания образов, в которой цифровые подписи нормального поведения актива или процесса фиксируются и используются в качестве основы для сравнения с входящими данными в режиме реального времени из SCADA и других систем управления. Данные датчиков в режиме реального времени собираются и сравниваются с ожидаемой сигнатурой данных актива или сценария эксплуатации. Отклонения от нормального поведения могут быть обнаружены за дни, недели и даже месяцы до того, как сработает традиционный сигнал тревоги SCADA или системы управления. Это дает компаниям достаточно времени, чтобы предпринять надлежащие действия по устранению проблем с активами или их эксплуатацией, пока не стало слишком поздно.

Распространенность прогнозной аналитики во многом обусловлена ее общей применимостью к огромным объемам данных временного ряда, часто называемых промышленными большими данными. С появлением промышленного интернета вещей (IIoT) стоимость датчиков значительно снизилась, что позволило компаниям устанавливать различные типы онлайн-счетчиков там, где раньше их не было. Благодаря этому еще больше значений можно измерить и сохранить на серверах исторических данных и в озерах данных, как локальных, так и облачных. В бесчисленных данных, находящихся в этих хранилищах, содержатся ценные паттерны и знания, которые могут быть использованы в различных приложениях, включая учебные тренажеры и оптимизацию эксплуатации и техобслуживания. Для извлечения и фиксации этих знаний применяется

расширенная аналитика, такая как машинное обучение. Используются разные методы, в том числе запатентованные алгоритмы кластеризации данных, которые помогают подавить «шум», чтобы лучше обнаруживать и анализировать основные шаблоны. На сегодняшний день существует два основных типа машинного обучения: неконтролируемое (без учителя) и контролируемое (с учителем). При неконтролируемом обучении данные автоматически анализируются, взаимосвязи между данными систематически определяются, а отклонения от моделей нормального поведения выявляются без вмешательства человека. При контролируемом машинном обучении активы и операции моделируются людьми, которые выбирают соответствующие статистически связанные датчики (метки) и определенные периоды архивированных больших данных, представляющих «хорошее поведение», чтобы программное обеспечение могло создать цифровую подпись того, что считается правильной работой. Затем поступающие в режиме реального времени данные сравниваются с этой цифровой подписью, и отклонения идентифицируются как возможные ранние предупреждения об ухудшении состояния активов или эксплуатации. Кроме того, автоматически определяются основные датчики, способствующие возникновению каждой аномалии, чтобы люди могли лучше отследить первопричину и устранить ее, прежде чем она станет серьезной эксплуатационной проблемой.

Среди примеров успешной прогнозной аналитики — сложный случай когда происходили ступенчатые изменения снижения (не увеличения) вибрации турбины. Каждый раз производитель говорил заказчику, что все в порядке, потому что это снижение вибрации, а не ее увеличение. В данной конкретной ситуации это произошло из-за начавшегося отрыва лопаток в ступенях турбины. Это не имело никакого отношения к сигналам или предупреждениям системы управления. Однако если бы это произошло, то привело бы к катастрофическому отказу, который мог разрушить турбину, вызвать длительный простой (прекращение выработки электроэнергии) и нанести серьезные травмы персоналу. По самым скромным оценкам, благодаря раннему обнаружению проблемы заказчику удалось избежать потери более 34 миллионов долларов США.

Другой случай произошел во время крупного шторма с сильным ветром, когда энергоснабжающая компания использовала ИИ и расширенную аналитику для предотвращения катастрофического взрыва трансформатора. Система подала сигнал тревоги из-за аномального состава газов, включавшего метан и диоксид углерода, что было выявлено при анализе растворенных газов (DGA).



Компания направила технических специалистов для расследования и обнаружила, что из-за урагана сработали выключатели, оставив трансформатор под напряжением без нагрузки. Если бы выключатели были просто замкнуты в соответствии с нормальной процедурой, мог произойти сильный взрыв с разрушением трансформатора, травмами людей и каскадными отключениями. Такие высоковольтные трансформаторы стоят в пределах 10 миллионов евро каждый, а запасные части обычно делаются под заказ. Этот случай заказчик с гордостью называет предотвращением огромных затрат с точки зрения ущерба активам, остановки электропередачи и безопасности людей.

А вот пищевая промышленность в целом только начинает внедрять и использовать технологии прогнозной аналитики. Хотя она менее развита в области диагностического техобслуживания, чем другие отрасли, ее участники быстро понимают, что отслеживание и анализ производственных линий сокращают время простоя и повышают качество. Примеры проблем включают в себя нестабильную работу двигателя, когда электрический ток слишком велик по сравнению с другими контролируруемыми значениями, но недостаточно высок, чтобы вызвать эксплуатационное предупреждение. Другие области для применения этой технологии — проблемы с окислителем газа, а также конвейеры с чрезмерно натянутыми ремнями и насосами, работающими в горячем состоянии из-за проблем с маслом и клапанами. Предписывающая аналитика идет еще дальше, предоставляя конкретные рекомендации действий, которые должен предпринять эксплуатационный

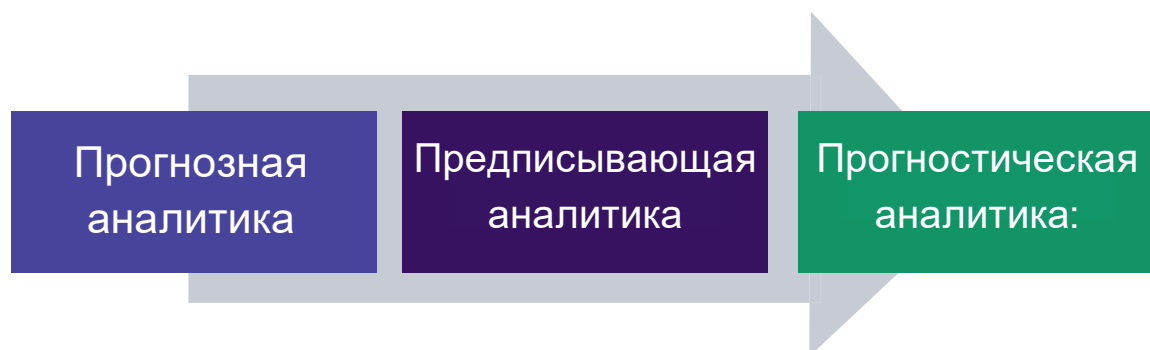
и обслуживающий персонал для устранения проблемы. Например, предписывающие рекомендации по вопросам масла включают проверку калибровки датчиков температуры масла, замену или повторную калибровку по мере необходимости. Кроме того, часто рекомендуется анализ масла для проверки на предмет загрязнения, после чего может последовать замена масла и масляного фильтра. Другие типы предписывающих действий могут быстро становиться намного более сложными. По мере интеграции ИИ в пищевую промышленность будет появляться все больше и больше историй успеха, и эта технология продолжит широко распространяться.

Исторически сложилось так, что новичкам было трудно идентифицировать определенные типы «ловушек» машинного обучения, когда от пользователей требовалось писать скрипты и управлять программным кодом. Это одна из причин развития и распространения таких языков программирования, как Python и R. Однако со временем программное обеспечение для машинного обучения развилось настолько, что стало намного проще в использовании, с расширенными возможностями перетаскивания объектов, графическими интерфейсами (GUI) и простыми, легкими для понимания отображениями обнаруженных аномалий на экране. Это стало первым «мостом понимания» между промышленным ИИ и человеком.

Улучшенные пользовательские интерфейсы были очень полезны, позволив ИИ проникнуть в повседневные процессы в различных отраслях.



Однако их возможности помогать персоналу в решении обнаруженных проблем были ограничены. Требовался лучший способ восполнить этот пробел.



Предписывающая аналитика стала своеобразным мостом между технологиями ИИ и людьми. Все началось с использования основанных на текущем состоянии триггеров для создания программы проактивного обслуживания в противовес профилактическому обслуживанию на календарной основе.

Применительно к ИИ предписания устраняют разрыв между обнаружением отклонений и действиями, необходимыми для их корректировки. Это очень важно как для улучшения обслуживания активов, так и для повышения операционной эффективности; следовательно, этот аспект становится все более важным для общей программы технического обслуживания, ориентированного на безотказность (RCM).

Чтобы еще больше улучшить прогнозную и предписывающую аналитику, прогностическая аналитика продвигает ИИ на шаг вперед. Теперь возможно спрогнозировать будущие события, такие как снижение производительности или оставшийся срок полезного использования актива. Прогностическая аналитика позволяет людям находить правильные ответы на следующие вопросы: «Сможет ли система «дожить» до следующего планового обслуживания?». Или: «Сможет ли актив «дожить» до следующей недели, или же нам нужно вызвать аварийную бригаду в выходные и платить им сверхурочно, чтобы решить проблему?» Это важные решения, которые влияют как на риски, так и на затраты. Управление рисками — ключевое преимущество ИИ для бизнеса, оно способно существенно повышать чистую прибыль промышленных предприятий.

Однако без подходящего «моста» между технологией искусственного интеллекта и людьми соответствующие действия предпринять не удастся, и преимущества от этой современной технологии могут снижаться. Предписывающая аналитика — ключ к успеху, позволяющий предприятиям максимально эффективно использовать передовые технологии ИИ и инвестиции в программное обеспечение.

Внедрение предписывающей аналитики является нетривиальной задачей. Требуются обширные отраслевые базы данных по диагностике неисправностей и действий по их устранению, которые логически определяются на основе изменения значений датчиков (и других изменений), чтобы пользователь мог получать автоматические (программные) рекомендации. Для этого нужно, чтобы программное обеспечение объединяло обширный отраслевой опыт, лучшие практики техобслуживания, ориентированные на надежность, и прогнозную аналитику. Из-за уникальности такого сочетания конкуренция в этой сфере ограничена и обычно ориентирована на конкретные отрасли. Благодаря обширному опыту AVEVA в области ПО для промышленной прогнозной аналитики и ее недавнему приобретению MaxGrip (лидера в области промышленного техобслуживания, ориентированного на надежность) эта компания является примером лидерства в данной области. AVEVA предлагает действительно уникальные решения для прогнозной, предписывающей и прогностической аналитики на глобальных промышленных рынках.

По мере развития программных продуктов все большее значение приобретают интегрированные процессы. ПО для прогнозной, предписывающей и прогностической аналитики будет все больше интегрироваться с корпоративными системами управления активами (EAM), чтобы динамически создавать заявки на выполнение работ и объединять прогнозируемый оставшийся срок полезного использования актива с рекомендованными предписывающими действиями, необходимыми для решения проблемы. Это обеспечит автоматизацию на всех этапах: от обнаружения проблемы до анализа и устранения основной причины. Помимо интеграции с EAM, этот тип ИИ также будет интегрироваться с системами планирования и рекомендовать оптимальное время для выполнения аварийного техобслуживания в пределах прогнозируемого оставшегося срока полезного использования актива,

чтобы уменьшить неблагоприятное воздействие на эксплуатацию, минимизировать общие риски для бизнеса и максимизировать прибыль. Затем это будет распространено на автоматизированное управление процессами с замкнутой обратной связью, когда люди просто отслеживают полностью автоматизированные и оптимизированные сквозные операции и процессы обслуживания, которые контролируются ИИ. Эти технологии существуют уже сегодня, и со временем их внедрение будет расширяться.

ПО для прогнозной аналитики будет и дальше совершенствоваться благодаря способности предписывающей аналитики быстрее обнаруживать и предотвращать проблемы, лучше обслуживать промышленные операции, оптимизировать планирование и улучшать управление процессами. С социальной точки зрения прогнозная аналитика будет учитывать потребности людей за счет постоянного улучшения предписывающих возможностей, чтобы:

- задействовать и расширять возможности человеческих ресурсов;
- обеспечивать более эффективную эксплуатацию активов;
- улучшать производимую продукцию (благодаря меньшему количеству ошибок);

- содействовать более быстрой и полной передаче знаний и обучению;
- повышать безопасность рабочей среды;
- создавать новые рабочие места и деловые возможности;
- в конечном итоге — повышать качество жизни общества.

Все больше промышленных компаний во всем мире активно используют искусственный интеллект и, в частности, прогнозную аналитику. Во многих отраслях это становится обязательным условием, чтобы не отставать от конкурентов. Для получения максимальных преимуществ необходима прочная и гармоничная связь между прогнозными технологиями ИИ и человеком. Именно здесь предписывающая аналитика играет ключевую роль и предлагает революционный способ выполнения работ. Она повышает производительность труда, а также безопасность, надежность и качество. В результате невиданными ранее темпами растет эффективность производства и создаются новые типы рабочих мест. Однако технологии ИИ находятся на ранних этапах развития, хотя с каждым годом значительно улучшаются. Будущее ИИ выглядит очень многообещающим, и его преимущества практически безграничны.





## Об авторе

**Джим Чаппелл (Jim Chappell)** курирует общую стратегию AVEVA в области искусственного интеллекта ((ИИ)) и ее реализацию во всех секторах бизнеса. Кроме того, он отвечает за портфель продуктов для управления эффективностью активов (APM) и сопутствующие инженерные/аналитические услуги. Это включает в себя промышленные большие данные (серверы исторических данных), прогнозную/предписывающую/прогностическую аналитику, бизнес-аналитику и корпоративные системы управления активами. Джим Чаппелл отвечает как за локальные, так и за облачные (SaaS) предложения.

Ранее он был партнером-учредителем и управляющим директором InStep Software, мирового лидера в области прогнозной аналитики и программного обеспечения для корпоративных серверов исторических данных. Джим курировал бизнес-операции и услуги InStep почти 20 лет и помог компании вырасти из стартапа в мирового лидера в своей сфере (в 2014 году она была приобретена Schneider Electric). В его обязанности входили интеграция критически важных систем, архитектура предприятия, передовая аналитика, дополнительные консультационные услуги, поддержка клиентов, обеспечение качества и обучение. В начале своей карьеры Джим был военно-морским офицером США, где его обучили управлению атомными электростанциями, включая операции по обеспечению безопасности реакторов и ликвидацию последствий ядерных аварий.

Джим получил степень бакалавра ядерной инженерии в Политехническом институте Ренсселера (RPI) в Трое, штат Нью-Йорк, степень магистра ядерной инженерии в Военно-морской школе ядерной энергетики в Орландо, штат Флорида, и степень магистра бизнес-администрирования в Университете Чаминад в Гонолулу, Гавайи. Кроме того, он окончил Офицерскую школу корпуса гражданских инженеров (CECOS) в Порт-Уенеме, Калифорния.