

*Арсентьева Н.В.,
магистрант
научный руководитель: к.т.н., доцент Зайцева Т.В
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет*

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ДИАГНОСТИКЕ АУТОИМУННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Аннотация: В данной статье исследуется применение методов искусственного интеллекта (ИИ), таких как машинное обучение и глубокие нейронные сети, для улучшения точности диагностики аутоиммунных расстройств.

Традиционные диагностические подходы часто дают неточные результаты, необходимые для проведения адекватного своевременного лечения. В статье анализируются преимущества и ограничения применения ИИ для более точной классификации пациентов по признаку симптомов, данных лабораторных исследований, визуализационных исследований и других факторов. Рассмотрены важные аспекты успешного применения ИИ в выявлении рассеянного склероза и аутоиммунных заболеваний печени, при этом отмечены потенциальные проблемы и предложены пути их решения.

Ключевые слова: аутоиммунные расстройства, диагностика, искусственный интеллект, машинное обучение, глубокие нейронные сети, классификация пациентов, обработка медицинских изображений.

*N.V. Arsentyeva,
Master's student,
Russia, Belgorod
Scientific supervisor: Associate Professor T.V. Zaitseva
Belgorod National Research University*

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIAGNOSIS OF AUTOIMMUNE DISORDERS

Abstract: This article explores the application of artificial intelligence (AI) methods, such as machine learning and deep neural networks, to enhance the accuracy of autoimmune disorder diagnosis. Traditional diagnostic approaches often yield inaccurate results, crucial for timely and appropriate treatment. The article analyzes the advantages and limitations of applying AI

for more precise patient classification based on symptoms, laboratory test results, imaging data, and other factors. It examines critical aspects of successfully employing AI in detecting multiple sclerosis and autoimmune liver diseases, while also addressing potential challenges and offering solutions.

Keywords: autoimmune disorders, diagnosis, artificial intelligence, machine learning, deep neural networks, patient classification, medical image processing.

Введение.

Аутоиммунные заболевания представляют группу сложных и разнообразных расстройств, характеризующихся нарушением функционирования иммунной системы организма, которая начинает ошибочно атаковать собственные здоровые клетки и ткани, что приводит к воспалению и дисфункции пораженных органов [13]. Они затрагивают миллионы людей по всему миру и способны привести к длительной инвалидности и даже довременной смерти. Среди наиболее распространенных аутоиммунных заболеваний можно выделить ревматоидный артрит, рассеянный склероз, волчанку и болезнь Крона и т.д. Диагностика аутоиммунных заболеваний является довольно сложной задачей, поскольку их симптомы часто неспецифичны и могут быть связаны с целым рядом других состояний. Кроме того, многие аутоиммунные расстройства имеют схожие клинические проявления, что затрудняет их дифференциальную диагностику. В целом, диагностика аутоиммунных заболеваний имеет решающее значение для раннего выявления и правильного лечения этих сложных состояний. Недостаточно точная диагностика может вести к назначению неэффективного лечения, ухудшению состояния пациента, увеличению медицинских расходов и потере ценного времени, которое могло бы быть использовано для начала целенаправленного лечения.

Диагностика аутоиммунных заболеваний имеет первостепенное значение в здравоохранении, прежде всего из-за ее роли в раннем выявлении и точной идентификации этих состояний [13]. При этих заболеваниях иммунная система ошибочно атакует собственные ткани организма, что приводит к хроническому воспалению и повреждению органов. Своевременная диагностика имеет важное значение, поскольку многие аутоиммунные заболевания могут прогрессировать незаметно, нанося необратимый вред, если их не лечить.

Точная диагностика позволяет медицинским работникам оперативно инициировать соответствующие стратегии лечения, тем самым улучшая результаты лечения и качество жизни пациентов. Раннее выявление также способствует лучшему лечению заболевания, помогая предотвратить осложнения и облегчить тяжесть симптомов. Более того, точная диагностика помогает отличить аутоиммунные заболевания от других

состояний со схожими симптомами, гарантируя, что пациенты получают индивидуальный план лечения. Кроме того, диагностика аутоиммунных заболеваний способствует более глубокому пониманию основных механизмов и триггеров этих нарушений, тем самым поддерживая текущие исследования и разработку новых методов лечения. Они расширяют возможности пациентов, обеспечивая четкое понимание их состояния, позволяя активно участвовать в принятии решений о лечении и планах управления. По сути, диагностика аутоиммунных заболеваний необходима для своевременного вмешательства, персонализированного лечения и улучшения прогноза. Они не только приносят пользу отдельным пациентам, способствуя раннему вмешательству и лечению симптомов, но также способствуют развитию медицинских знаний и расширению терапевтических возможностей для этих сложных заболеваний.

Традиционно процесс диагностики основывается на анализе клинических симптомов, лабораторных исследований и данных визуализирующих методов обследования, таких как МРТ и КТ [13]. Однако такие подходы часто приводят к диагностическим ошибкам и задержкам, что подчеркивает необходимость в поиске новых решений. В последние годы методы искусственного интеллекта (ИИ), в том числе машинное обучение и глубокие нейронные сети, показали свою способность решать сложные задачи классификации и диагностики в медицине. Выделение информативных закономерностей из больших массивов разнородных медицинских данных позволяет не только улучшить точность диагностики, но и сделать процесс диагностического анализа более быстрым и эффективным.

ИИ может анализировать биомаркеры и данные, собранные с носимых устройств и мониторов здоровья, чтобы предсказывать развитие осложнений и раннее выявлять изменения состояния пациента. [10] При анализе изображений визуализационных данных (МТР и КТ) может определить аутоиммунное заболевание, определить развитие обострений и риск инвалидизации. Это позволит своевременно реагировать и предотвращать прогрессирование заболевания. Позволит эффективно проводить молекулярно-генетические исследования своевременно обнаружить аутоиммунное заболевание или предрасположенность к нему. [11]

Глубокое обучение, основанное на применении сверточных нейронных сетей (CNN), демонстрирует значительные успехи в обработке медицинских изображений, например, при определении ранних структурных изменений тканей, что крайне важно для диагностики аутоиммунных заболеваний. Другие используемые методы ИИ, включая случайные леса, опорные векторы и рекуррентные нейронные сети, также оказывают значительное влияние на улучшение качества и точности диагностики. Таким образом, интеграция инновационных ИИ-технологий в

диагностический процесс может стать ключевым элементом в борьбе с аутоиммунными заболеваниями, позволяя осуществлять раннюю и точную диагностику, что, в свою очередь, улучшит прогнозы и результаты для пациентов.

Проведенное учеными в Гуанчжоу, Китай, в апреле 2022 года исследование применения модели машинного обучения для диагностики и дифференцирования хронических аутоиммунных заболеваний показало, что с использованная модель машинного обучения random forest смогла с превосходной точностью определить и разделить пациентов с ревматоидным артритом и пациентов с рассеянным склерозом. [12]. В данном исследовании использовались общедоступные наборы данных секвенирования одноклеточной РНК.

Проведённые исследования показывают многообещающие результаты использования ИИ для диагностики аутоиммунных заболеваний. Так, в одном исследовании метод опорных векторов на основе МРТ-изображений мозга показал точность более 90% в дифференциации рассеянного склероза и других очагов демиелинизации. Аналогично, группа ученых из Стэнфордского университета провела глубокое исследование по обнаружению фиброзных изменений в легких при системной склеродермии, достигнув точности более 90%.

Одно из исследований, опубликованных в научном журнале "NeuroImage", демонстрирует применение SVM для классификации МРТ-изображений пациентов с рассеянным склерозом. Исследователи использовали SVM в сочетании с анализом текстурных признаков изображений, что позволило с высокой точностью различать РС от других неврологических заболеваний, имеющих похожие МРТ-маркеры. Хотя точные результаты могут варьироваться в зависимости от конкретного исследования, наличия и качества данных, многие работы подтверждают, что точность дифференциальной диагностики рассеянного склероза с использованием SVM может достигать и превышать 90%. [5]

Методы. В последние годы методы искусственного интеллекта, в частности машинное обучение и глубокие нейронные сети, продемонстрировали устойчивый успех в решении сложных задач классификации и диагностики в медицине. Эти подходы позволяют анализировать огромные объемы разнородных данных, распознавать скрытые закономерности и строить высокоточные предикативные модели. При большом количестве различных аутоиммунных расстройств ИИ может применяться для более точной классификации пациентов по признаку симптомов, лабораторных показателей, визуализационных данных (МРТ, КТ и т.д.) и других факторов [13].

Одним из наиболее многообещающих методов является глубокое обучение на основе сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Networks, CNN) [9]. Такие сети демонстрируют выдающиеся результаты

при обработке изображений и извлечении информативных признаков из простых визуальных данных. Анализ МРТ и других изображений может выявить субтильные структурные аномалии, характерные для различных аутоиммунных заболеваний. Другие популярные методы ИИ включают такие методы машинного обучения как случайные леса, опорные векторы, рекуррентные сетевые нейронные машины и многомерные модели машинного обучения [1].

Искусственный интеллект (ИИ) - это широкая научная область, включающая множество подотраслей. На рисунке 1 показана взаимосвязь между ИИ, машинным обучением (ML) и глубоким обучением (DL). Искусственный интеллект включает в себя несколько областей, и наиболее важными из них для медицинских приложений являются ML и DL. Алгоритмы ML создают модели, которые обучаются на основе выборочных данных (обучающих данных) и затем способны делать выводы / предсказания на основе новых данных, не будучи явно запрограммированными для этой области. Помимо прочего, ML представляет особый интерес для биомедицинской области, поскольку может распознавать закономерности в данных и использовать их для получения новых биологических знаний. DL - это подраздел ML, который использует несколько слоев информации для извлечения признаков из исходных данных. Этот тип искусственного интеллекта особенно хорошо подходит для обработки изображений. [1]

В последние годы наблюдался заметный интерес к сверточным нейронным сетям (CNN) для задач сегментации изображений, показавшим замечательную производительность в различных областях, особенно в анализе медицинских изображений. Преимущество CNN, меняющее правила игры, по сравнению с подходами, основанными на разработке функций, заключается в их стратегии обучения иерархическому представлению, позволяющей самостоятельно находить подходящие фильтры. Действительно, особенности, изученные на первых уровнях, объединяются и образуют абстрактные формы, которые часто имеют смысл на более глубоких уровнях. Методы CNN доказали свою высокую устойчивость к изменению внешнего вида изображений. [9]

Методы искусственного интеллекта (ИИ), применяемые в диагностике аутоиммунных заболеваний, могут включать в себя широкий спектр технологий, способных анализировать разнообразные медицинские данные. Эти подходы обладают уникальной способностью распознавать сложные закономерности и осуществлять предсказания с высокой степенью точности. Вот некоторые из наиболее эффективных подходов:

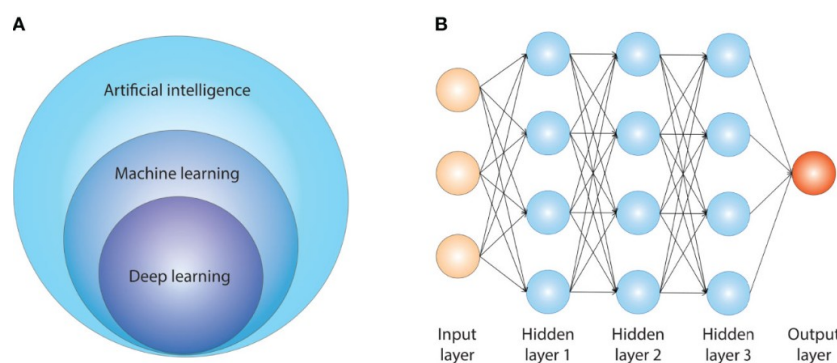


Рис. 1. Искусственный интеллект и его подобласти. [1]

1. Машинное обучение для анализа медицинских изображений:

Глубокое обучение, в частности сверточные нейронные сети, используется для интерпретации рентгеновских снимков, МРТ, КТ. Эти методы эффективны в выявлении органичных поражений, воспалений и других аномалий, являющихся показателями аутоиммунных заболеваний.

2. Анализ биомаркеров с помощью ИИ:

Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о биомаркерах, собранные из анализов крови, генетических тестов и др. Они помогают выявлять уникальные шаблоны, ассоциированные с определенными аутоиммунными заболеваниями.

3. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений:

Системы, основанные на ИИ, интегрируют различные клинические данные пациента, включая симптомы, историю заболеваний и результаты анализов, для предложения диагностических рекомендаций, планов лечения и прогнозирования динамики заболевания.

4. Искусственные нейронные сети (ANN)

Искусственные нейронные сети — это алгоритмы, вдохновленные структурой и функциями мозга, что позволяет им обучаться на основе примеров. ANN могут использоваться для классификации аутоиммунных заболеваний на основе сочетания клинических признаков, лабораторных данных и истории заболевания.

5. Обработка естественного языка для анализа медицинских записей:

Методы NLP применяются для извлечения и структурирования информации из медицинских записей, что способствует выявлению ключевых показателей аутоиммунных заболеваний, упомянутых в текстовых данных.

6. Моделирование заболеваний с помощью ИИ:

Компьютерное моделирование и искусственные нейронные сети используются для симуляции развития аутоиммунных заболеваний и предсказания их прогрессирования, что помогает в изучении механизмов заболеваний и разработке эффективных методов их лечения.

Следует отметить, что методы ИИ обычно используются в дополнение к традиционным диагностическим подходам, таким как клиническое обследование и лабораторные анализы [4]. В таком контексте, ИИ выступает как дополнительный инструмент, который помогает медицинским специалистам принимать обоснованные решения и повышает точность диагностики, позволяя более эффективно управлять лечением и повышая шансы пациентов на успешное восстановление.

Сейчас важно признать, что, хотя ИИ может значительно улучшить медицинские результаты диагностики и лечения аутоиммунных заболеваний, он имеет свои ограничения. Одним из основных ограничений ИИ в медицине является его зависимость от больших объемов данных, что может привести к предвзятым или неверным результатам, если данные, используемые для обучения алгоритмов, не являются репрезентативными для изучаемой популяции. Кроме того, результаты, полученные с помощью инструментов ИИ, всегда должны интерпретироваться и подтверждаться медицинскими работниками, поскольку алгоритмы ИИ не способны ставить окончательные диагнозы или принимать решения о лечении. [4]

Еще одним важным соображением являются этические последствия использования ИИ в медицине [4]. Например, алгоритмы ИИ могут быть не в состоянии обеспечить равный доступ к здравоохранению, поскольку они могут быть доступны только тем, кто может позволить себе эту технологию или живет в районах с высоким уровнем инфраструктуры здравоохранения. Кроме того, использование ИИ в медицине вызывает опасения по поводу конфиденциальности пациентов и безопасности данных, а также потенциальной способности алгоритмов ИИ увековечивать существующие предубеждения и дискриминацию в здравоохранении.

Несмотря на эти ограничения, потенциальные преимущества ИИ в медицине в диагностике аутоиммунных заболеваний значительны, и в ближайшие годы эта область, определённо, продолжит расти. Чтобы обеспечить этическое и эффективное использование ИИ в медицине для диагностики аутоиммунных заболеваний, крайне важно проводить постоянные исследования и разработки в этой области, а также участвовать в постоянных дискуссиях об этических последствиях использования ИИ в здравоохранении.

В июне 2023 года был проведен опрос среди российских врачей. В данном опросе принял участие 301 врач [3]. Подавляющее большинство участников сочли ИИ полезным в медицинской сфере (85%). Преимущество ИИ было связано с возможностью анализировать огромные объемы клинически значимых данных в режиме реального времени (79%). Респонденты выделили области, в которых искусственный интеллект был бы наиболее полезен — организационная оптимизация (74%),

биофармацевтические исследования (67%) и диагностика заболеваний (52%). Результаты опроса представлены на рисунке 2.

Российские врачи выступают за ИИ в медицине. Большинство респондентов считают, что ИИ не заменит их в будущем и станет полезным инструментом. В первую очередь, для оптимизации организационных процессов, исследований и диагностики заболеваний. [3]



Рис. 2. Российские врачи об ИИ в области медицины и здравоохранения
(источник: составлено автором на основе исследования [3])

По оценкам экспертов, Российский рынок ИИ для здравоохранения находится в начальной стадии своего развития. Бюджетное финансирование осуществляется за счет средств Российской академии наук, Министерства образования и науки РФ, Национальных исследовательских центров (МГУ, МФТИ), Сбербанк России. Финансирование многих стартапов осуществляется за счет венчурного привлечения капитала и грантовой поддержки институтами развития, например «Фондом развития инновационного центра «Сколково», Российской Венчурной Компанией. На момент написания статьи на российском рынке ИИ для здравоохранения присутствует свыше 30 различных компаний-разработчиков, львиная доля которых занята разработками в сфере анализа медицинских изображений. [2]

Правительством РФ в рамках Национальной стратегии утвержден федеральный проект «Искусственный интеллект» (ФП «ИИ») со сроком реализации до конца 2024 г. Предусмотрено бюджетное финансирование в размере 24,1 млрд руб., а также 5,1 млрд руб. из внебюджетных источников. [6] Кроме того, в России принято 10 стандартов искусственного интеллекта в области здравоохранения, которые вступили в силу в 2022—2023 гг. [7]

Рынок ИИ в российском здравоохранении быстро растет. В настоящее время 16 % медицинских организаций в России уже используют ИИ, а еще 34 % планируют внедрить ИИ в ближайшем будущем. [8]

Заключение.

В заключение хочу отметить, что ИИ может значительно улучшить медицинские результаты при диагностике аутоиммунных заболеваний – сейчас просто невообразимо большие перспективы. Важно подходить к его использованию аккуратно, учитывая его ограничения на данный момент. Нужно продолжать исследования и разработки, продолжать дискуссии об этических последствиях использования ИИ в здравоохранении, так как это необходимо для обеспечения эффективного и этичного использования ИИ в медицине в целом.

Необходимо учитывать нормативно-правовую базу, связанную с использованием ИИ в медицине. В России принято 10 стандартов искусственного интеллекта в области здравоохранения, которые вступили в силу в 2022—2023 гг. [7], но во многих странах в настоящее время практически нет правил, регулирующих использование ИИ в здравоохранении. Такая ситуация способна породить сумятицу и вопросы относительно правильного применения инструментов на основе искусственного интеллекта, а также способов трактовки выдаваемых ими результатов. Это означает, что без четких руководств или стандартов, использование ИИ в конкретных сценариях может стать источником неопределенности как для специалистов, так и для пользователей этих технологий. В результате, крайне важно разработать и внедрить стандарты и нормы, которые могли бы устранить эту неопределенность, обеспечивая тем самым безопасное и продуктивное использование ИИ. Важно установить четкие правила и принципы, описывающие, как следует разрабатывать, тестировать и развертывать алгоритмы ИИ при проведении диагностики. Это поможет обеспечить надежность и точность алгоритмов, а также их использование в соответствии с этическими и юридическими стандартами. Обеспечить наличие рабочего механизма мониторинга и оценки эффективности алгоритмов ИИ в реальных медицинских условиях. Это позволит выявлять возникающие вопросы или проблемы, а также обеспечить постоянное совершенствование алгоритмов ИИ.

В заключение, использование ИИ в медицине представляет, как возможности, так и проблемы. Чтобы обеспечить максимально полное использование потенциала ИИ в области медицины, важно установить четкие правила и руководящие принципы, инвестировать в образование и обучение медицинских работников, а также создать механизмы мониторинга и оценки эффективности алгоритмов ИИ. Поступая таким образом, мы можем обеспечить безопасное и эффективное использование ИИ в медицине и максимально возможную пользу для пациентов, медицинских работников и общества в целом.

Для укрепления доверия к алгоритмам ИИ необходимо вовлекать в дискуссии об использовании ИИ при диагностике и лечении

аутоиммунных заболеваний пациентов и широкую общественность к дискуссиям об использовании ИИ в медицине. Это может помочь в укреплении доверия к алгоритмам ИИ и обеспечить их использование в соответствии с общественными ценностями и ожиданиями.

Важно понимать, что использование ИИ в медицине при диагностике и лечении аутоиммунных заболеваний — сложная, многогранная и быстро развивающаяся область, которая требует постоянного внимания и участия различных заинтересованных сторон, включая медицинских работников, пациентов, широкую общественность, регулирующие органы и исследователей. Работая вместе и постоянно отслеживая и оценивая использование ИИ в медицине, мы можем помочь обеспечить максимально возможную пользу ИИ для пациентов, медицинских работников и общества в целом.

Литература

1. Герусси А., Скаравальо М., Кристофери Л., Верда Д., Милани С, Де Бернарди Е., Ипполито Д., Ассельта Р., Инверницци П., Катер Дж.Н. и Карбоне М. (2022) Искусственный интеллект для точной медицины при аутоиммунных заболеваниях печени. *Front. Immunol.* 13:966329. doi: 10.3389/fimmu.2022.966329
2. Гусев А.В., Евгина С.А., Годков М.А. Искусственный интеллект в здравоохранении России. Роль лаборатории. *Лабораторная служба.* 2022;11(2):5–8. <https://doi.org/10.17116/labs2022110215>
3. Орлова И., Акопян З., Плисюк А. и др. Исследование мнения российских врачей о применении технологий с использованием искусственного интеллекта в области медицины и здравоохранения. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09493-6>
4. Савельева О.В. Интеграция искусственного интеллекта в медицину: преимущества, ограничения и последствия// *Фундаментальная и прикладная наука: Состояние и тенденции развития. Монография.* Петрозаводск, 2023 Издательство: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.) (Петрозаводск)// eLIBRARY ID: 50376851
5. Bastien Caba, Alexandre Cafaro, Aurélien Lombard, Douglas L. Arnold, Colm Elliott, Dawei Liu, Xiaotong Jiang, Arie Gafson, Elizabeth Fisher, Shibeshih Mitiku Belachew, Nikos Paragios Single-timepoint low-dimensional characterization and classification of acute versus chronic multiple sclerosis lesions using machine learning // *NeuroImage Volume 265*, January 2023, 119787<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2022.119787>

//https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811922009089?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=86e2699b3a7776ba

6. CNews. В России готовятся госстандарты для искусственного интеллекта. По состоянию на 9 мая 2023 г. Источник: https://www.cnews.ru/news/top/2023-03-01_v_rossii_gotovyat_standarty

7. TAdviser. Стандарты в области искусственного интеллекта в здравоохранении. По состоянию на 9 мая 2023 г. Источник: https://tadviser.com/index.php/Article:Standards_in_Artificial_Intelligence_in_Healthcare

8. RG. Искусственный интеллект будет помогать врачам в диагностике заболеваний. По состоянию на 9 мая 2023 г. Источник: <https://rg.ru/2022/09/21/reg-urfo/intellekt-v-pomoshch.html>

9. Charley Gros, Benjamin De Leener, Atef Badji, Josefina Maranzano, Dominique Eden Automatic segmentation of the spinal cord and intramedullary multiple sclerosis lesions with convolutional neural networks // NeuroImage Volume 184, 1 January 2019, Pages 901-915 Источник: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.09.081>

10. Лазарев Е.А. Применение искусственного интеллекта (ИИ) в медицине для диагностики и лечения заболеваний //eLIBRARY ID: 57182368 EDN: SLUXHR ВЕСТНИК НАУКИ Том: 5Номер: 12-1 (69) Год: 2023

11. Тимашева Я.Р., Насибуллин Т.Р., Туктарова И.А., Эрдман В.В., Галиуллин Т.Р., Заплахова О.В., Бахтиярова К.З., Мустафина О.Е. Молекулярно-генетическое исследование рассеянного склероза. //Медицинская генетика 2020; 19(4): 80-81. DOI: 10.25557/2073-7998.2020.04.80-81

12. Ма У, Чен Дж., Ван Т, Чжан Л, Сюй Х, Цю У, Сян АП и Хуан В (2022) Точная модель машинного обучения для диагностики хронических аутоиммунных заболеваний с использованием информации от В-клеток и моноцитов. //Front. Immunol. 13:870531. doi: 10.3389/fimmu.2022.870531

13. Новикова И.А. Ходулева С.А. Аутоиммунные заболевания: диагностика и принципы терапии. Минск: Высшая школа, 2017. – 367 с.