ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Факультет экономических наук

Лузина Екатерина Кирилловна

***«Использование высокочастотных данных для оценки рыночного риска и риска рыночной ликвидности»***

Курсовая работа

по направлению подготовки 38.04.08 Финансы и кредит

Образовательная программа "Финансовые рынки и финансовые институты"

|  |  |
| --- | --- |
|  | Руководитель  Мл. научный сотрудник  Курбангалеев  Марат Зуфарович |
|  |  |

Москва 2019

Оглавление

[Введение 3](#_Toc38914800)

[1. Обзор литературы 4](#_Toc38914801)

[Общее 4](#_Toc38914802)

[Определение ликвидности 4](#_Toc38914803)

[Оценка ликвидности 5](#_Toc38914804)

[Скрытая ликвидность 9](#_Toc38914805)

[Высокочастотная торговля 13](#_Toc38914806)

[НУЖНО ОПРЕДЕЛИТЬСЯ, КАКАЯ ЦЕЛЬ РАБОТЫ И СФОРМУЛИРОВАТЬ НА ЕЕ ОСНОВАНИИ ГИПОТЕЗЫ 15](#_Toc38914807)

[2. Данные и методология 16](#_Toc38914808)

[Данные 16](#_Toc38914809)

[Формат данных 16](#_Toc38914810)

[Айсберг-заявки 20](#_Toc38914811)

[Цепочка айсберг-заявок 21](#_Toc38914812)

[Ретроспектива 22](#_Toc38914813)

[3. Результаты 24](#_Toc38914814)

[Заключение 25](#_Toc38914815)

[Список литературы 26](#_Toc38914816)

# Введение

Ликвидность

Скрытая ликвидность, источники и какие у нее последствия

В рамках данной работы исследование скрытой ликвидности производится на основании данных о ходе торгов инструментами основного режима фондовой секции Московской Биржи. Торги в данном режиме торгов организованы в формате двустороннего непрерывного аукциона, в рамках которого участникам известны данные о 10 лучших уровнях цен на обеих сторонах стакана и соответствующий им объем. Участникам предоставляется возможность скрытия части объема своей заявки с помощью айсберг-заявок. Именно такой тип заявок будет рассматриваться в данной работе в качестве источника скрытой ликвидности. В работе используются данные за период дд.мм.гггг - дд.мм.гггг по N инструментам, относящимся к списку голубых фишек по состоянию на дд.мм.гггг.

Целью данной работы является выявление условий наиболее вероятных моментов выставления айсберг-заявок, что позволит участникам оптимизировать свою стратегию и минимизировать риски ликвидации своей позиции.

Важное условие – истинный объем скрытой ликвидности изначально неизвестен, поэтому одной из первых задач данной работы является разработка алгоритма выявления скрытого объема. В качестве индикатора айсберг-заявки использовалось несоответствие объема в заявке при ее выставлении и при ее исполнении, а именно, ситуация, когда сделка по заявке произошла на объем больший, чем был указан в заявке на момент ее выставления. Следующая задача – это объединение выявленных айсбергов в цепочку для восстановления истории всплытий айсберга. Разработка алгоритма для решения данной задачи позволит приблизить оценку скрытого объема к фактическому значению в каждый момент времени. Для решения данной задачи был разработан алгоритм, который проверял одновременное выполнение условий совпадения у айсберг-заявок цены, направления, видимого объема и минимального лага между исполнением одной заявки и выставлением следующей. В результате полученных оценок скрытого объема необходимо произвести …, для решения данной задачи в работе используется …. По результатам которой было обнаружено, что …

The rest of the paper will be organized as follows:

1. Обзор литературы
2. Данные, где помимо описания формата данных и описательных статистик, приведено описание рынка и правил торгов
3. Алгоритм поиска скрытого объема
4. Ну и описание того, что мы все таки будем делать с этой выявленной скрытой ликвидностью. А что мы будем с ней делать, пока непонятно

# Обзор литературы

## Финансовый рынок

Финансовый рынок представляет собой совокупность валютного, фондового, товарного и срочного рынка. Последний представлен производными на финансовые инструменты валютной, фондовой и товарной секции. Российский финансовый рынок уступает по уровню развития финансовым рынкам развитых и даже некоторых развивающихся стран. В качестве причин можно рассматривать низкий средний уровень финансовой грамотности населения, недоверие со стороны населения к финансовым организациям, а также нестабильную экономическую ситуацию в стране. Для преодоления существующего разрыва правительство РФ определило «Стратегию развития финансового рынка Российской Федерации к 2020 году», в соответствии с которой правительство планирует обеспечить приток частного капитала на финансовый рынок к концу 2020 года за счет:

1. «Повышения емкости и прозрачности финансового рынка;
2. Обеспечения эффективности рыночной инфраструктуры;
3. Формирования благоприятного налогового климата для участников финансового рынка;
4. Совершенствования правового регулирования на финансовом рынке» (Правительство Российской Федерации, 2008).

В рамках данной программы государство стимулирует открытие Индивидуальных Инвестиционных Счетов (ИИС), которые должны обеспечить приток частного капитала на финансовый рынок и стимулировать участников на проведение финансовых операций. По данным на 01.02.2020 Московская Биржа зарегистрировала более 1,7 миллиона заявок на открытие ИИС (Московская Биржа, 2020a), причем наибольший прирост количества открытых ИИС приходится на 2019 год (более 1,5 млн ИИС за год), хотя сама программа, предоставляющая частным лицам возможность открыть ИИС у брокера (брокерский счет) или у управляющей компании (счет доверительного управления) существует с 1 января 2015 года.

## Ликвидность

Одной из основных характеристик финансового рынка является ликвидность.

Существует множество способов определения ликвидности. Общая идея всех сводится к тому, что ликвидность характеризуется наличием продавцов и покупателей на рынке, скоростью исполнения заявки и влиянием ее исполнения на цену.

Рассматривать ликвидность необходимо в разрезе не всего рынка, а индивидуально для каждого инструмента. Причем, если один и тот же инструмент торгуется на разных площадках, например, на NYSE и AMEX, то изучение ликвидности такого инструмента имеет смысл производить отдельно для каждой площадки в силу того, что данные площадки характеризуются разным уровнем оборотов торговли (Bernstein, 1987). Следовательно, далее рассматривается ликвидность одного финансового актива на одной площадке. Степень ликвидности финансового актива зависит также от ряда фундаментальных характеристик ценной бумаги. Если рассматривать фондовый рынок, то к таким характеристикам можно отнести размер компании, уровень капитализации, соотношение цены и прибыли (Cooper et al., 1985).

Оценка ликвидности позволяет участникам торгов оценить риски ликвидации своей позиции и оптимизировать свою торговую стратегию в условиях данного рынка. Участник торгов при высокой ликвидности может выставить крупную заявку и быть уверенным, что ему удастся исполнить ее по оптимальной цене и с наименьшими транзакционными издержками. На таком рынке его заявка будет исполнена быстро, затронет минимальное количество уровней цены, окажет минимальное влияние на рынок и рыночную цену. В то же время на низко ликвидном рынке выставление крупной заявки будет сопряжено с рядом трудностей. В частности, заявка будет долго ждать исполнения, а когда все же будет исполнена, то затронет несколько уровней цены и окажет значительное влияние на рынок. Поэтому, выходя на такой рынок с целью исполнить крупную заявку, участник вероятнее всего раздробит ее на несколько частей и будет выставлять их с определенной периодичностью, чтобы обеспечить наибольшую возможную цену исполнения за счет корректировок, происходящих на рынке после исполнения его предыдущей заявки (Науменко, 2007).

## Оценка ликвидности

На данный момент не существует единой меры ликвидности, которая использовалась бы повсеместно и не испытывала критики со стороны исследователей. В силу различных ограничений, например, отсутствия доступа к внутридневным торговым данным, их большого размера или отсутствия детализации, при выборе метода оценки ликвидности исследователи пытаются найти баланс между надежностью измерения, доступностью данных и вычислительной сложностью. Это объясняет факт существования большого количества подходов к оценке ликвидности.

В ранних работах в качестве прокси ликвидности авторами использовался объем торгов по ценной бумаге (James and Edmister, 1983). Доказывая нерепрезентативность данного метода, исследователи (Cooper et al., 1985) на основе дневных данных (цены закрытия, объемы за день и процентные изменения цены) ввели коэффициент ликвидности, который показывает оборот торгов, необходимый для однопроцентного изменения цены:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | (1) |
| где, | – цена закрытия торгового дня акции i (усл.ед.);  – дневной оборот акции i (шт.);  – сумма абсолютных процентных изменений цены на акцию i. |  |

В силу использования дневных данных, основным недостатком обеих метрик является их применимость только к задачам, нацеленным на получение долгосрочной оценки, в то время как более высокую ценность представляет оценка текущей или внутридневной ликвидности. Ее оценивание требует менее широкого горизонта, но большей детализации. Анализ таких данных позволяет нивелировать влияние прошлых событий и поймать краткосрочные тренды.

В работе Kyle (1985) был предложен революционный вариант оценки ликвидности – ликвидность должна рассматриваться с разных сторон и каждая из ее сторон требует детального рассмотрения при произведении оценки ликвидности. Автор предложил использовать многофакторный анализ, в рамках которого выделяются следующие стороны ликвидности:

1. С точки зрения скорости возврата рынка к исходному состоянию после совершения сделки – упругость;
2. С точки зрения задержки между выставлением заявки и реакцией рынка на нее – немедленность;
3. С точки зрения объема выставленных заявок – глубина;
4. С точки зрения отклонения цены сделки от средней рыночной цены – сжатость.

Описанные ранее методы оценивают, в лучшем случае, только одну из ее сторон. Получается, что автор взял все существовавшие ранее методы оценки ликвидности, и, вместо того чтобы выбирать один из них, объединил их в одну комплексную оценку ликвидности. Эта универсальность объясняет, почему некоторые современные работы по оценке ликвидности до сих пор основываются на принципе многофакторной оценки ликвидности.

Примером работы, основанной на многофакторном методе является работа (Ranaldo, 2001). Для проведения многофакторного анализа в работе используются следующие метрики ликвидности:

1. Для оценки глубины использовалось отношение дисбаланса объема заявок на лучших ценах к объему торгов;
2. Для оценки сжатости использовался бид-аск спред;
3. Для оценки упругости использовался коэффициент ликвидности;
4. Для оценки немедленности использовалось время исполнением двух последующих заявок.

Еще одной подобной работой является работа (Tsuchida et al., 2016). В ней используются несколько иные метрики ликвидности:

1. Для оценки глубины использовался объем на лучших ценах;
2. Для оценки сжатости использовалась эффективная цена;
3. Для оценки упругости использовался коэффициент неликвидности;
4. Для оценки немедленности использовался объем сделки.

Несмотря на широкое признание предложенного Kyle (1985) многофакторного метода оценки ликвидности, многофакторные модели не заменили однофакторные. Однофакторные модели позволяют находить новые способы оценки различных сторон ликвидности, в то время как многофакторные пытаются определить оптимальную комбинацию этих способов оценки. При этом важно понимать, что у многофакторного подхода есть свои недостатки. Среди наиболее часто выделяемого – коррелированность факторов. Например, в некоторых работах отмечается, что прокси глубины имеет положительную корреляцию с прокси сжатости (спред) (Ranaldo, 2001).

Примером работы, в рамках которой разрабатывается новый способ оценки ликвидности является работа (Amihud and Mendelson, 1991). Авторами был предложен относительный бид-аск спред, который представляет собой отношение разницы между лучшими ценами на покупку и продажу к сумме лучшей цены на продажу и начисленных процентов:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | | (2) |
| где, | – лучшая цена на продажу инструмента i в момент времени t;  – лучшая цена на покупку инструмента i в момент времени t;  – начисленные проценты по инструменту i в момент времени t. |  |

Преимущество данной метрики заключается в том, что она может быть рассчитана, во-первых, в разрезе инструмента, а во-вторых, на каждое событие (выставление заявки, совершение сделки), которое изменяет состояние стакана. Главным отличием данной метрики от вышеописанного коэффициента ликвидности является тот факт, что ее расчет может быть произведен, как на дневных данных, так и на внутридневных, что позволяет произвести краткосрочную оценку. Еще одним преимуществом данной метрики является тот факт, что расчет относительного бид-аск спреда не требует сложных вычислительных алгоритмов, а данные для его оценивания относительно легко получить. Тем не менее, с точки зрения надежности данный метод уступает другим, потому что не учитывает глубину стакана, объем, который стоит на каждом уровне, степень влияния на цену и прочее. Следовательно, данная метрика не позволяет произвести полную оценку ликвидности и ее следует использовать в качестве основы для дальнейшего многофакторного анализа.

В Таблица 1 приведен список основных метрик, которые используются для оценки различных сторон ликвидности.

Таблица

Обзор метрик ликвидности

|  |  |
| --- | --- |
| Сжатость – затраты на проведение сделки | |
|  | Бид-аск спред (Amihud and Mendelson, 1991) (Diamond and Verrecchia, 1991)   |  |  | | --- | --- | |  | | | где, | – лучшая цена покупки, усл. ед.;  – лучшая цена продажи, усл. ед. | |
|  | Эффективная цена (Karnaukh et al., 2015)   |  |  | | --- | --- | |  | | | где, | – мидпоинт, усл. ед.;  – цена транзакции, усл. ед. | |
| Глубина – объем, превышение которого спровоцирует движение цен | |
|  | Накопленный объем торгов (Ranaldo, 2001)   |  |  | | --- | --- | |  | | | где, | – объем сделки в момент времени t, шт.. | |
|  | Отношение дисбаланса объема заявок на лучших ценах к объему торгов (Ranaldo, 2001)   |  |  | | --- | --- | |  | | | где, | – мидпоинт, усл. ед.;  – цена транзакции, усл. ед. | |
|  | Объем на лучшей цене покупки, объем на лучшей цене продажи (Tsuchida et al., 2016) |
| Упругость/ релаксация – скорость, с которой цены возвращаются к досделочному уровню | |
|  | Индекс ликвидности (Bollen and Whaley, 1998)   |  |  | | --- | --- | |  | | | где, | – объем сделки в момент времени t, шт.;  – цена сделки в момент времени t, усл.ед.;  – цена открытия, усл.ед.;  – цена закрытия, усл.ед. | |
|  | Коэффициент ликвидности (Ranaldo, 2001)   |  |  | | --- | --- | |  | | | где, | – лучшая цена покупки, усл. ед.;  – лучшая цена продажи, усл. ед.;  – объем на лучшей цене покупки, шт.;  – объем на лучшей цене продажи, шт. | |
|  | Коэффициент неликвидности (Amihud, 2002)   |  |  | | --- | --- | |  | | | где, | – количество торговых дней в году, дн.;  – дневная доходность инструмента в день d, %;  – оборот торгов за день d, усл.ед. | |
|  | Коэффициент гамма (Науменко, 2007) |
| Немедленность – время, которое требуется рынку на обработку заявки | |
|  | Время между совершением двух, следующих друг за другом, сделок (Ranaldo, 2001) |
|  | Время между выставлением заявки и исполнением первой сделки по заявке (Науменко, 2007) |
|  | Время между выставлением заявки и исполнением последней сделки по заявке (Науменко, 2007) |
|  | Время между выставлением заявки и ее отменой (Науменко, 2007) |

## Скрытая ликвидность

Важным аспектом ликвидности является скрытая ликвидность. Скрытая ликвидность – это доступный объем торгов, величина которого неизвестна для большинства участников. Скрытая ликвидность представлена заявками участников, которым требуется реализовать большой объем, при этом им важно скрыть свои намерения, чтобы снизить влияние на цену. В данном случае влияние на цену связано с тем, что остальные участники рынка, увидев крупную заявку участника, подумают, что он обладает инсайдерской информацией о приближающемся движении цены, и решат последовать его примеру, чем вызовут движение рынка. Последнее невыгодно для участника, так как это ухудшит условия исполнения его заявки.

Механизмы скрытия ликвидности зависят от рассматриваемой биржевой площадки. На Московской Бирже скрытие ликвидности может быть реализовано через выставление айсберг-заявок или через особый режим торгов – Крупные пакеты. В обоих случаях скрытие объема реализуется по запросу участника, выставляющего заявку в соответствующем режиме торгов.

В первом случае участнику при выставлении заявки предлагается самостоятельно определить объем, который будет виден остальным участникам рынка. По мере исполнения видимой части айсберга будет происходить равномерное всплытие его частей до тех пор, пока айсберг не будет исполнен полностью. На Московской бирже возможность выставления таких заявок предоставляется, например, в режиме основных торгов инструментами фондовой секции «Основные торги Т+ («Стакан Т+2»)» во время торговой сессии (основной и вечерней). Аналогичную опцию скрытия реального объема своей заявки предлагают и другие биржевые площадки, например, Euronext, Фондовая биржа Торонто, Лондонская фондовая биржа.

Режим Крупные Пакеты представляет собой последовательность нескольких аукционов, которые стартуют в начале каждого торгового часа. Аукцион состоит из трех этапов: сбор заявок, определение цены аукциона и заключение сделок. На этапе сбора заявок, который длится в течение всего часа, участникам недоступна информация о заявках других участников: им неизвестны ни цены, ни объемы, ни количество выставленных заявок. На пятиминутном интервале в конце аукциона в произвольный момент времени происходит приостановка сбора заявок, фиксация текущего состояния книги заявок, ее обработка, расчет цены аукциона, после чего начинается завершающий этап аукциона – исполнение заявок. Выставление айсберг-заявок в режиме Крупные Пакеты не предусмотрено.

На других площадках участникам предлагаются альтернативные варианты скрытия своих намерений относительно крупного объема, например, Dark Pools. Dark Pools, или пулы скрытой ликвидности, представлены сделками крупных игроков преимущественно на альтернативных торговых площадках или в специальных режимах торгов основных торговых площадок. При этом на каждой торговой площадке есть свои особенности работы с Dark Pools, которые касаются следующих признаков (Dr Hofmaier, 2019):

1. Тип оператора – оператором выступает брокер, оператором выступает биржа, и пр.;
2. Участие оператора в качестве одной из сторон сделки – сделка заключается между участниками или сделка заключается между участником и оператором;
3. Способ определения цены сделки – цена определяется оператором, цена определяется в результате проведения аукциона, цена формируется внутри пула, и пр.;
4. Средний размер лота;
5. Тип заявки – в системе доступно выставление только обычных заявок (раскрывается и цена, и направление, и объем), в системе, наряду с обычными заявками, доступно выставление заявок типа iceberg (раскрывается цена, направленность и часть объема заявки), в системе, наряду с обычными заявками, доступно выставление заявок типа hidden (не раскрывается даже информация о поступлении заявки) и пр.

Идея всех Dark Pools сводится к тому, чтобы свести участников с встречными намерениями относительного крупного объема так, чтобы их намерения были скрыты от других участников.

Таким образом, режим Крупные Пакеты – это аналог Dark Pools, который предлагает Московская Биржа.

Наличие скрытой ликвидности оказывает влияние на поведение участников. В частности, возможность скрыть часть своей заявки меняет выбор оптимальной стратегии ликвидации позиции, вводя в нее новые параметры – объем видимой части, временное окно, на котором объем должен быть реализован, и цена, на уровне которой будет выставлен айсберг. Именно эти параметры были включены (Esser and Monch, 2004) в модель определения оптимальной стратегии ликвидации позиции. В работе тестируются две стратегии ликвидации крупного объема: open-approach и self-contained approach. В рамках первой стратегии на временном интервале T дней производится ежедневная переоценка оптимального соотношения цены и объема видимой части для объема, который остался нереализованным с предыдущего торгового дня, при условии, что участнику необходимо реализовать весь объем к моменту завершения периода T наиболее оптимальным способом. Вторая стратегия предполагает, что участник определяет соотношение цены и объема видимой части на весь период T, и в момент его завершения исполняет оставшийся объем по рыночной цене. В результате проведенного моделирования авторами была предложена стратегия ликвидации крупного объема с использованием айсберг-заявок, которая позволяет достичь баланса между гарантией полного исполнения объема и скрытием своих намерений относительно реализации крупного объема.

Наличие скрытой ликвидности является причиной возникновения асимметрии информации. Можно ожидать, что наличие асимметрии информации негативно сказывается на рынке из-за возникновения недоверия со стороны участников. В работе (Bessembinder et al., 2009) доказывается обратное – возможность скрытия части заявки привлекает на рынок крупных инвесторов. Для выявления скрытого объема в работе использовались логит и тобит регрессии. Логит регрессия использовалась для оценки вероятности наличия скрытого объема, а тобит регрессия – для оценки величины скрытого объема. Было обнаружено, что вероятность скрытия объема растет при следующих условиях:

1. Увеличивается объем заявки;
2. Увеличивается бид-аск спред;
3. Увеличивается частота и объем предшествующих сделок;
4. Уменьшается объем на стороне выставления заявки;
5. Уменьшается волатильность мидпоинта.

По словам авторов, опираясь на полученные результаты, участники торгов могут самостоятельно на основании общедоступных данных предсказать моменты наиболее вероятного выставления айсберг-заявок. Результаты работы подтверждаются более ранними исследованиями (De Winne and D’hondt, 2007), методология которых использовалась в рассматриваемой работе. Авторами (Bessembinder et al., 2009) также были выделены плюсы и минусы использования айсберг-заявок. Среди плюсов отмечаются низкие издержки исполнения, оценка которых производилась с помощью метода implementation shortfall. К минусам авторы относят низкую вероятность полного исполнения, низкую скорость исполнения, а также увеличение вероятности использования стратегий типа pinging (выставление и мгновенная отмена заявок). Стратегия типа pinging используется для проверки наличия скрытого объема на противоположной стороне стакана. Использование данной стратегии искусственно завышает ликвидность, поскольку у участников отсутствуют торговые намерения.

Наличие скрытого объема также влияет на метрики ликвидности. Для изучения этого влияния в работе (Bloomfield et al., 2015) были искусственно созданы три рынка: без возможности скрытия объема, с возможностью частичного скрытия и с возможностью как частичного, так и полного скрытия. В эксперименте участвовали 120 человек, которым предлагалось в рамках одной сессии (180 секунд) осуществлять торговлю одним инструментом. При этом, перед началом каждой сессии объявляется рынок, правилам которого торговля в рамках данной сессии будет подчиняться. Участники сессии автоматически разделяются на две группы. Информация о том, какой участник, какой группе принадлежит, не разглашается. Первая группа – информированные участники, которым предоставляется информация о предполагаемой цене закрытия инструмента. В данную группу входит 4 участника. Вторая группа – неинформированные участники, которым данная информация недоступна. По результатам проведенного анализа, была оценена зависимость метрик ликвидности от степени прозрачности рынка. Наиболее чувствительным показателем оказалась глубина. В качестве меры глубины использовался объем, выставленный в диапазоне 20 шагов цены от лучшей цены на обеих сторонах стакана. Было выявлено, что чем ниже прозрачность рынка, тем выше показатель глубины. Еще одним показателем, чувствительным к изменению степени прозрачности рынка, является бид-аск спред. Это связано с тем, что на рынке третьего типа участники активно пользуются возможностью выставления заявок с полностью скрытым объемом внутрь спреда. В результате получается, что фактическое значение спреда, посчитанного на основании нескрытых заявок неизменно, но если включить в оценку скрытые заявки, то спред изменится.

Среди преимуществ данной работы необходимо также отметить тот факт, что в обычных условиях невозможно проследить, какой тип инвесторов в большей степени использует айсберг-заявки: инвесторы, которые обладают инсайдерской информацией, или инвесторы, которые такой информацией не обладают. В данном же случае, за счет искусственного создания торговой площадки авторам была доступна информация о наличии у участника инсайдерской информации. По результатам анализа имеющихся данных было выявлено, что оба типа инвесторов в одинаковой степени используют возможность скрытия заявок, при этой инвесторы с инсайдерской информацией более чувствительны к изменениям рыночных условий, которые касаются прозрачности торговли, нежели их менее информированные коллеги.

В силу того, что в данной работе планируется использование данных основного режима торгов фондовой секции Московской Биржи, дальнейшее рассмотрение скрытой ликвидности будет производиться только с точки зрения айсберг-заявок и их влияния на показатели ликвидности рынка.

## Высокочастотная торговля

Еще одним источником скрытой ликвидности являются торговые алгоритмы. Если торговому алгоритму была поставлена задача реализовать крупный объем, то он может сделать это без использования айсберг-заявок или DarkPools. Он раздробит исходный объем на части в зависимости от текущего состояния рынка и входных требований к скорости и цене реализации, и, в момент достижения целевых значений выбранных показателей, будет постепенно исполнять объем. Данная процедура может растянуться на несколько дней. В результате чего отследить истинный объем ликвидности, который был реализован/реализуется/будет реализован роботом, не представляется возможным.

Еще пару десятков лет назад заявкам и сделкам было достаточно секундной детализации, в 2015 году использовались миллисекунды – 3 знака после запятой, сейчас же все сделки и заявки на Московской Бирже записываются с точностью до микросекунд – 6 знаков после запятой. В ближайшей перспективе планируется увеличение детализации заявок до наносекунд – 9 знаков после запятой. Данные изменения являются следствием увеличения скорости торговли. Ускорение реализуется за счет появления на рынке новых игроков – роботов. Они способны совершать большое количество операций в секунду за счет использования больших вычислительных мощностей. Такой тип торговли получил название высокочастотная торговля или high-frequency trading (HFT).

С появлением роботов на рынке объем торгов увеличился с 97,8 тыс. заявок в день (первый квартал 2010) до 13,6 млн заявок в день (второй квартал 2012), таким образом, за 2,5 года объем торгов увеличился почти в 140 раз (Блог компании Московская Биржа, 2019). Данная статистика относится к 2012 году, за 8 лет картина существенно изменилась – роботы стали оказывать еще более существенное влияние на рынок. Согласно данным Банка России, на данный момент на российском рынке 30-50% объема торгов генерируется именно такими участниками.

За счет появления на рынке новых участников увеличивается дневной оборот торгов и скорость торговли, изменяется ликвидность и ее составляющие (Naumenko, 2015). Роботы позволяют реализовать сложные схемы анализа текущей торговой ситуации с возможностью ее постоянной оптимизации. Алгоритм производит постоянную оценку состояния рынка и, минимизируя риски и издержки исполнения ордера, определяет оптимальную стратегию ликвидации позиции.

Участие в такой торговле требует значительных материальных вложений. Подразумеваются не только первоначальные инвестиции в виде разработки алгоритма или установки мощных серверов, но и инвестиции на поддержание актуальности торговой стратегии. Последнее наиболее затратно, поскольку в данной области наблюдается высокий уровень конкуренции, что требует от участников постоянного совершенствования торговых алгоритмов. Кроме того, некоторые участники торгов для обеспечения более высокой скорости обработки своих заявок арендуют место для установки серверов в офисе Московской Биржи. Высокие барьеры входа являются причиной, почему данный тип торговли доступен только крупным участникам.

С целью снижения конкуренции между торговыми алгоритмами 29 апреля 2019 года для валютной пары USDRUB с режимом расчета «сегодня» ММВБ анонсировала запуск экспериментального стакана (Московская Биржа, 2019), который предусматривает создание временного буфера длительностью от 2 до 5 миллисекунд, в рамках которого все заявки перемешиваются, после чего исполняются в произвольном порядке. Такой способ обработки заявок нарушает основной принцип, согласно которому, чем раньше заявка выставляется, тем раньше она исполняется. Эффективность текущих торговых алгоритмов на таком рынке снижается, поскольку появляется момент случайности. Это позволяет ослабить уровень конкуренции со стороны HFT и дать больше возможностей более мелким участникам клиентам.

С точки зрения скрытой ликвидности, как уже отмечалось ранее, торговые алгоритмы обеспечивают постоянное существование на рынке большого объема скрытой ликвидности. Произведение оценки этого объема не представляется возможным из-за индивидуальной настройки каждого алгоритма.

# Данные и методология

## Данные

### Правила торгов

В рамках данной работы рассматриваются данные по фондовому рынку Московской Биржи за период 01.03.2019 – 29.03.2019, всего 20 торговых дней. В файлах содержатся данные по инструментам, торгующимся в основном безадресном режиме T+ с возможностью анонимного выставления лимитных, рыночных и айсберг-заявок в зависимости от периода сессии. Безадресный режим подразумевает отсутствие у участников информации об их контрагентах. Кроме того, Московская Биржа предоставляет своим участникам информацию только о 10 лучших уровнях цен с обеих сторон. Полная глубина книги заявок участникам недоступна.

Все инструменты данного режима можно условно разделить на три группы: обыкновенные акции, привилегированные акции и облигации (государственные, в том числе муниципальные, и корпоративные). При этом, в рамках данной работы будут рассматриваться инструменты, относящиеся к первой группе. В соответствии списком ценных бумаг, допущенным к торгам по состоянию на 29.03.2019 по данным Московской Биржи, в рассматриваемом периоде активными были следующие инструменты (Московская Биржа, 2020b):

1. Обыкновенные акции – 219 штук;
2. Привилегированные акции – 55 штук;
3. Облигации – 1394 штук.

В рамках торгов на фондовом рынке торговая сессия делится на три периода: предторговый, торговый, послеторговый. В рамках предторгового периода проводится аукцион открытия, основная цель которого – снижение вероятности манипулирования ценой открытия актива. В период проведения аукциона открытия в систему подаются заявки следующих типов (Московская Биржа, 2016):

1. Рыночные заявки;
2. Лимитные заявки (кроме айсберг-заявок);
3. Рыночные заявки (АЗ);
4. Лимитные заявки (АЗ).

Аукцион открытия состоит из трех этапов. Первый этап – период сбора заявок, когда участники подают в систему только лимитные заявки. В стаканах T+1 и T+2 данный этап длится с 9:50:00 до 9:59:30. Второй этап – фаза случайного завершения аукциона, когда для каждой ценной бумаги случайным образом определяется время завершения аукциона. Данный этап длится начинается в 9:59:31 и завершается в любое время до 9:59:59. Третий этап – определение цены аукциона открытия в разрезе каждого инструмента и заключение сделок по соответствующей цене. Данный этап длится одну секунду и начинается на последней секунде фазы случайного завершения аукциона открытия. В определении цены аукциона участвуют только рыночные и лимитные заявки. Заявки типов рыночные (АЗ) и лимитные (АЗ) участвуют только в аукционе закрытия.

Торговый период проводится в формате открытого непрерывного двустороннего аукциона, в рамках которого у участников есть возможность подавать следующие типы заявок:

1. Рыночные заявки;
2. Лимитные заявки (в том числе айсберг-заявки);
3. Рыночные заявки (АЗ);
4. Лимитные заявки (АЗ).

Данный период длится с 10:00:00 до 18:39:59. Очередность исполнения заявок торгового периода определяется на основании следующих правил:

1. По цене – в первую очередь исполняются заявки по наилучшей на противоположной стороне цене;
2. По времени выставления – в случае, если на одном ценовом уровне находится несколько заявок, то первой из них будет исполнена та, которая была выставлена раньше.

В рамках послеторгового периода проводится аукцион закрытия, который предназначен для определения репрезентативной цены закрытия в разрезе инструмента. Процедура проведения аукциона закрытия аналогична аукциону открытия, кроме возможности подавать рыночные заявки и наличия еще одного этапа – дополнительной фазы сбора заявок. Данный период длится с 18:40:01 до 18:49:59.

В конце мая 2020 года на Московской Бирже планируется запуск вечерней торговой сессии. Данная сессия будет начинаться по завершению десятиминутного перерыва после основной торговой сессии в 19:00:01 и заканчиваться в 23:49:59. При этом, все неисполненные заявки, выставленные в период основной сессии, снимаются перед началом вечерней сессии. Вечерняя сессия будет состоять из двух периодов: предторгового и торгового. Предторговый период представлен аукционом открытия, принцип проведения которого идентичен аукциону открытия основной сессии, за исключением отсутствия возможности подавать заявки типа лимитная (АЗ), рыночная (АЗ). Данный период длится с 19:00:00 до 19:04:59. Торговый период вечерней сессии длится с 19:05:00 до 23:49:59. В рамках данного периода у участников есть возможность подавать рыночные и лимитные заявки. После завершения торгового периода вечерней сессии все неисполненные заявки вечерней сессии снимаются.

В рамках данной работы используются данные только за торговый период основной сессии с учетом неисполненных во время аукциона открытия заявок. Заявки типа лимитная (АЗ), рыночная (АЗ) в ордерлоге не отражаются. Таким образом, во время торгового периода у участника есть возможность выставлять рыночные и лимитные заявки. Рыночные заявки представляют собой заявки, в которых указан только объем. Цена исполнения определяется как лучшая цена на противоположной стороне стакана, что гарантирует участнику мгновенное исполнение заявки при условии наличия объема на противоположной стороне. Участники, выставляющие такие заявки называются потребителями ликвидности. Основной риск при выставлении таких заявок связан с тем, что точная цена исполнения заранее неизвестна. Более того, в случае если рыночная заявка является крупной относительно объема на противоположной стороне, то ее исполнение будет произведено на нескольких уровнях цен. Таким образом, такой тип заявок минимизирует риск неисполнения, но значительно увеличивает риск дополнительных издержек.

Лимитные заявки, в свою очередь, являются своего рода противоположностью рыночным заявкам: в них указана цена исполнения, риск неисполнения высокий, риск дополнительных издержек низкий. Если в момент выставления лимитной заявки отсутствует встречная заявка, которая может удовлетворить текущую заявку по ее цене или по цене лучше, то заявка становится в очередь и ждет своего исполнения. Лимитные заявки, которые ждут своего исполнения, обеспечивают ликвидность на рынке. Сделка по лимитной заявке происходит в момент пересечения со встречной заявкой, когда происходит одновременное выполнение следующих условий:

1. На противоположной стороне стакана существуют заявки;
2. Заявки на противоположной стороне стакана позволяют реализовать заявку по ее цене или по цене лучше, чем указано в заявке. Например, если была выставлена заявка на покупку 50 лотов акции N по цене 50 усл.ед., то в случае, если на противоположной стороне стакана стоят заявки на продажу по цене 50 усл.ед., заявка будет исполнена на весь пересекающийся объем. Если же в стакане стоят заявки на продажу с более низкими ценами, то исполнение будет происходить, начиная с лучшей из доступных цен. Если объема на уровне лучшей доступной цены недостаточно для полного удовлетворения заявки, то заявка может быть исполнена не нескольким ценам, но не хуже указанной в заявке цены. В случае, если на противоположной стороне стакана недостаточно объема для полного удовлетворения заявки, заявка будет исполнена частично по правилам, описанным выше, а оставшийся объем будет поставлен в очередь. В случае, если на противоположной стороне стакана нет соответствующих заявок, заявка встанет в очередь и будет ждать своего исполнения. Для заявок на продажу сделка будет заключена по цене заявки или по цене выше.

Айсберг-заявки являются разновидностью лимитных заявок, у которых появляется дополнительный параметр – объем видимой части.

### Айсберг-заявки

При восстановлении стакана необходимо учитывать возможность выставления айсберг-заявок, которую Московская Биржа предоставляет участникам торгов фондовой секции. При выставлении заявки через торговый терминал участник указывает ее признак «Видимая часть», в соответствии с которым заявка отражается в стакане заявок. Оставшаяся часть заявки остается скрытой для других участников и не показывается до тех пор, пока видимая часть заявки не будет исполнена. Причем, оставшаяся часть айсберг-заявки снова попадет в очередь заявок, но с новым идентификатором, что осложняет процесс однозначной идентификации айсберг-заявок. Еще одна важная особенность всплытия айсберг-заявки заключается в том, что новая заявка встанет в очередь на исполнение после всех тех заявок, которые были ранее поданы в систему.

Такой тип заявок позволяет снизить эффект, который крупная заявка оказывает на других участников торгов. Биржей предусмотрен ряд ограничений на выставление айсберг-заявок (ЗАО “ФБ ММВБ”, 2011):

1. Минимальный объем видимой части заявки – 30 тыс рублей;
2. Предельное допустимое отношение видимого объема заявки к общему объему заявки – 1:100;
3. Выставление айсберг-заявок допускается только в течение основной торговой сессии в режиме основных торгов фондового рынка ММВБ.

Наличие в данных таких заявок приводит к тому, что объем в стакане на соответствующем уровне цены может стать отрицательным, потому что исполнение заявки произошло на объем, превышающий объем видимой части. Например, в очереди заявок стоит заявка на продажу на уровне лучшей цены на 100 лотов. Участник выставляет рыночную заявку на покупку 200 лотов. В итоге, вместо проедания стакана заявок вглубь на 100 лотов, исполнение происходит на уровне прежней лучшей цены. Такая ситуация является признаком айсберг-заявки, которая была выставлена на уровне лучшей цены на продажу. Обычно такие заявки выставляются крупными игроками на покупку или продажу голубых фишек, причем чаще всего выставление айсберг-заявок происходит в районе лучших цен.

### Цепочка айсберг-заявок

При идентификации айсберг-заявок важно понимать, что каждая айсберг-заявка, выявленная по признаку образования отрицательного объема после исполнения, является не самостоятельным айсбергом, а лишь одним звеном в цепочке исполнения айсберга. Попытка определить более точное количество айсберг-заявок на каждый момент времени и их реальный объем, а не объем, который был выявлен в результате исполнения одного элемента цепочки всплытия айсберга, позволит увеличить точность алгоритма оценивания скрытой ликвидности.

Как уже было отмечено выше, после исполнения видимой части айсберга, инициируется всплытие следующей части айсберга. При этом всплытие происходит на том же уровне цены и с тем же объемом. В данном случае необходимо учитывать, что всплытие происходит не мгновенно после полного исполнения предыдущей видимой части айсберга, а с некоторым временным лагом. Наличие этого лага обусловлено необходимостью обработки системой заявки. Так, заявка, которая содержит в себе всплывшую часть айсберга, встает в конец очереди всех заявок по всем инструментам, которые ожидают обработки шлюзом. Величина временного лага зависит от того, какое количество заявок находится в этом списке. Следовательно, можно ожидать, что в начале и в конце торгового дня, когда на рынке наблюдается наиболее высокая торговая активность, лаг всплытия айсберга будет выше, чем в середине дня.

Помимо наличия неопределенного временного интервала между исполнением видимой части айсберга и всплытием следующей части айсберга, восстановление полной цепочки айсберга осложняется еще и тем, что всплывшей части айсберга присваивается новый идентификатор.

Для восстановления истории жизни айсберга необходимо собрать цепочку из самостоятельных заявок с одинаковым уровнем цены и с одинаковым объемом, для которых будет выполняться условие: временной интервал между исполнением одной заявки, определенной как айсберг, и выставлением следующей менее N микросекунд, где N определяется исследователями самостоятельно, а, следовательно, становится причиной волатильности получаемых результатов и снижения их надежности.

Кроме того, важно учитывать, что исполнение видимой части айсберга может происходить и без создания отрицательного объема, а ровно на величину видимой части. В таких случаях признак айсберга – образование отрицательного объема – не позволит включить данную заявку в цепочку айсберга, а в некоторых случаях станет причиной разрыва цепочки. Эту особенность необходимо учитывать при восстановлении истории жизни айсберга.

### Ретроспектива

Для создания цепочки айсберга необходимо каждый раз при обнаружении отрицательного объема смотреть назад и осуществлять проверку, были ли ранее выявлены айсберг-заявки или цепочки айсберг-заявок с тем же объемом видимой части и на том же уровне цены, между исполнением которых и выставлением текущей заявки прошло менее N микросекунд. В случае, если такие заявки или цепочки заявок были ранее обнаружены, то их можно объединить в одну цепочку и считать, что данная цепочка представляет собой не самостоятельные айсберг-заявки, а цепочку всплытий одной большой айсберг-заявки.

Как уже было отмечено выше, необходимо учитывать возможность разрыва цепочки, которое происходит из-за наличия в истории заявки, у которой:

1. Совпадает уровень цены;
2. Совпадает объем;
3. Между выявлением предыдущей айсберг-заявки и выставлением текущей прошло менее N секунд;
4. Между исполнением текущей и выставлением следующей айсберг-заявки прошло менее N секунд;
5. Исполнение текущей прошло без образования отрицательного объема.

Для решения данной проблемы можно добавить следующие уточнения в алгоритм восстановления цепочки айсберга:

1. Создается список всех выявленных айсберг-заявок;
2. Создается список всех исполненных заявок, у которых:
   1. Совпадает уровень цены с уровнем цены айсберг-заявки;
   2. Объем, на который происходит исполнение, совпадает с объемом видимой части айсберг-заявки;
3. Для выявленных айберг-заявок проводится проверка возможности их объединения в цепочки. Для этого проводится проверка выполнения следующих условий:
   1. Совпадает объем видимой части;
   2. Совпадает уровень цены;
   3. Между исполнением одной и выставлением следующей прошло менее N микросекунд;
4. Для выявленных цепочек производится проверка наличия на краях цепочек заявок из списка исполненных заявок, которые могут считаться частью цепочки айсберга. Для этого производится проверка следующих условий:
   1. Совпадает объем видимой части;
   2. Совпадает уровень цены;
   3. Между исполнением последней заявки в цепочке и выставлением заявки прошло менее N микросекунд;
5. Для выявленных цепочек айсберг-заявок проводится проверка возможности их объединения:
   1. Совпадает объем видимой части;
   2. Совпадает уровень цены;
   3. Между исполнением одной и выставлением следующей прошло менее N микросекунд.
6. Запись информации о выявленных цепочках.

Недостатком такого алгоритма восстановления цепочки всплытия айсберга является потеря информация о всплытии последней части айсберга, так как ее объем может значительно отличаться от всплытия остальных частей, а значит, не будет включен в цепочку. В данном случае можно пренебречь последней частью айсберга, так как на нее приходится объем меньший, чем каждое всплытие айсберга, в масштабах всего айсберга такой объем можно считать незначительным.

### Формат данных

В рамках данной работы используются данные об итогах торгов Московской Биржи. Данные представлены множеством zip-файлов (архивов), каждый из которых соответствует отдельному торговому дню. Внутри архива содержатся два файла: файл с заявками и файл со сделками. Ни один из этих файлов не содержит указания на участников торгов, совершивших ту или иную операцию на рынке – данные являются обезличенными.

В рамках данной работы рассматривается только файл с заявками. Содержимое файла представляет собой пособытийную очередь изменения состояния заявок в разрезе инструментов фондового рынка за торговый день с точностью до микросекунд (6 знаков) – классический файл формата Orderlog, который используется на бирже с марта 2016 года. До марта 2016 года Orderlog был менее точным с точки зрения детализации времени изменения состояния заявки – использовались миллисекунды (3 знака). Таблица 2 содержит характеристики каждого поля данного файла.

Таблица 2

Описание полей файла Orderlog

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название поля | Тип данных | Описание |
| NO | Int | Номер записи |
| SECCODE | String | Идентификатор инструмента |
| BUYSELL | Char | Направление заявки:  B – заявка на покупку  S – заявка на продажу |
| TIME | Int | Время изменения состояния заявки в формате HHMMSSQQQ до марта 2016, далее HHMMSSQQQZZZ |
| ORDERNO | Int | Номер заявки |
| ACTION | Int | Идентификатор состояния заявки:  0 – снятие заявки  1 – выставление заявки  2 – исполнение заявки (сделка) |
| PRICE | Float | Цена, усл.ед. |
| VOLUME | Int | Объем, шт. |
| TRADENO | Int | Номер сделки (заполняется только для заявок в состоянии 2 (сделка)) |
| TRADEPRICE | Float | Цена сделки, усл.ед. (заполняется только для заявок в состоянии 2 (сделка)) |

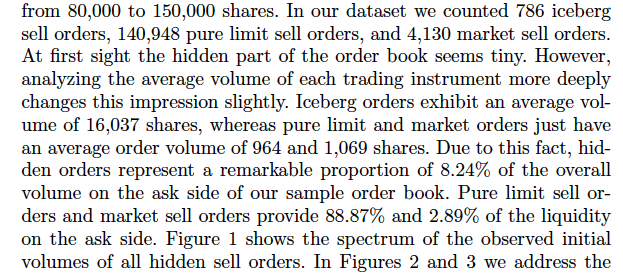
Как уже было отмечено ранее, рассматриваются данные по фондовому рынку Московской Биржи за период 01.03.2019 – 29.03.2019, всего 20 торговых дней. В рамках данного периода были отобраны 15 инструментов, относящихся к списку голубых фишек Московской Биржи на момент 01.03.2019:

Выбор в пользу данных инструментов был сделан на основании того факта, что все отмеченные инструменты относятся к группе ликвидных инструментов по классификации Московской Биржи, а значит гарантируют наличие данных для целей исследования. Но даже при условии наличия у данных инструментов признака ликвидных инструментов, результаты предварительного анализа показывают, что инструменты не являются однородными. В Таблица 3 представлена статистика по среднему количеству выставленных заявок и их среднему объему в разрезе каждого из типов заявок: рыночные, лимитные и айсберг-заявки.

Таблица 3

Среднее количество и средний объем заявок

| Инструмент | Айсберг-заявки | | Лимитные заявки | | Рыночные заявки | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Количество, шт. | Объем, шт. | Количество, шт. | Объем, шт. | Количество, шт. | Объем, шт. |
| ALRS | 307.95 | 1.330669e+06 | 171519.74 | 4.259073e+08 | 2836.84 | 1.183252e+06 |
| CHMF | 15.89 | 2.754842e+04 | 103343.58 | 2.217241e+07 | 1006.95 | 7.606316e+04 |
| FIVE | 56.16 | 1.675089e+04 | 113251.74 | 2.674378e+07 | 608.79 | 1.360453e+04 |
| GAZP | 345.32 | 1.514132e+06 | 406852.68 | 1.047982e+09 | 5191.58 | 3.348828e+06 |
| GMKN | 400.74 | 6.180768e+04 | 267028.47 | 7.776945e+06 | 4186.53 | 3.965768e+04 |
| LKOH | 198.00 | 5.443711e+04 | 288237.37 | 2.292297e+07 | 2713.74 | 6.664284e+04 |
| MGNT | 110.16 | 1.835095e+04 | 206898.89 | 6.308106e+06 | 2502.95 | 3.975074e+04 |
| MTSS | 72.32 | 2.425179e+05 | 107248.79 | 8.678809e+07 | 1631.68 | 3.194421e+05 |
| NVTK | 38.11 | 4.759105e+04 | 121437.47 | 5.442696e+07 | 911.84 | 9.153895e+04 |
| ROSN | 85.42 | 2.059484e+05 | 166007.05 | 9.274861e+07 | 1827.32 | 3.874042e+05 |
| SBER | 1016.63 | 5.927933e+06 | 757533.74 | 1.261094e+09 | 14306.68 | 1.386974e+07 |
| SNGS | 32.21 | 6.226474e+05 | 120351.21 | 1.228389e+09 | 1270.00 | 2.872758e+06 |
| TATN | 13.53 | 2.693263e+04 | 153614.26 | 4.707190e+07 | 955.74 | 9.646737e+04 |
| VTBR | 124.32 | 1.632119e+09 | 156366.00 | 3.160191e+11 | 2875.42 | 3.239425e+09 |
| YNDX | 52.00 | 1.293937e+04 | 163836.79 | 3.344690e+07 | 1747.11 | 3.758705e+04 |



# Результаты

Заключение

Список литературы

Amihud, Y., 2002. Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series eﬀects. Journal of Financial Markets 31–56.

Amihud, Y., Mendelson, H., 1991. Liquidity, Maturity, and the Yields on U.S. Treasury Securities. The Journal of Finance 46, 1411–1425.

Bernstein, P.L., 1987. Liquidity, Stock Markets, and Market Makers. Financial Management 16, 54.

Bessembinder, H., Panayides, M., Venkataraman, K., 2009. Hidden liquidity: An analysis of order exposure strategies in electronic stock markets. Journal of Financial Economics 94, 361–383.

Bloomfield, R., O’Hara, M., Saar, G., 2015. Hidden Liquidity: Some new light on dark trading. The Journal of Finance 70, 2227–2273.

Bollen, N.P.B., Whaley, R.E., 1998. Are “Teenies” Better? Journal of Portfolio Management 25, 10–24.

Cooper, Dr.S.K., Groth, Dr.J.C., Avera, Dr.W.E., 1985. Liquidity Exchange Listing and Common Stock Performance. Journal of Economics and Business 37, 19–33.

De Winne, R., D’hondt, C., 2007. Hide-and-Seek in the Market: Placing and Detecting Hidden Orders. Review of Finance 11, 663–692.

Diamond, D.W., Verrecchia, R.E., 1991. Disclosure, Liquidity, and the Cost of Capital. The Journal of Finance 46, 1325–1359.

Dr Hofmaier, M., 2019. Dark Pools – Advantages and Disadvantages Over Traditional Exchange Markets From a Consumer`s Perspective. British Open Journal of Finance & Banking 1, 1–14.

Esser, A., Monch, B., 2004. The Navigation of an Iceberg: The Optimal Use of Hidden Orders. The Finance Research Letters 4, 68–81.

James, C., Edmister, R.O., 1983. The Relation Between Common Stock Returns Trading Activity and Market Value. The Journal of Finance 38, 13.

Karnaukh, N., Ranaldo, A., Söderlind, P., 2015. Understanding FX Liquidity. Review of Financial Studies 28, 3073–3108.

Kyle, A.S., 1985. Continuous Auctions and Insider Trading. Econometrica 53, 1315.

Naumenko, V., 2015. Raising Issues About Impact of High Frequency Trading on Market Liquidity, in: Bera, A.K., Ivliev, S., Lillo, F. (Eds.), Financial Econometrics and Empirical Market Microstructure. Springer International Publishing, Cham, pp. 215–223.

Ranaldo, A., 2001. Intraday market liquidity on the Swiss Stock Exchange. Financial Markets and Portfolio Management 15, 309–327.

Tsuchida, N., Watanabe, T., Yoshiba, T., 2016. The Intraday Market Liquidity of Japanese Government Bond Futures, in: 2016-E-7. Bank of Japan, Japan, p. 43.

Блог компании Московская Биржа, 2019. Эволюция архитектуры торгово-клиринговой системы Московской биржи. Часть 1 [WWW Document]. Хабр. URL https://habr.com/ru/company/moex/blog/444300/

Московская Биржа, 2020a. Рейтинг участников торгов по количеству зарегистрированных Индивидуальных инвестиционных счетов [WWW Document]. Московская Биржа. URL https://www.moex.com/ru/spot/members-rating.aspx?rid=125

Московская Биржа, 2020b. Список торгуемых инструментов [WWW Document]. Московская Биржа. URL https://www.moex.com/a1600 (accessed 4.1.20).

Московская Биржа, 2019. Московская биржа объявляет финансовые результаты за первый квартал 2019 года [WWW Document]. Московская Биржа. URL https://www.moex.com/n23633/?nt=106 (accessed 4.1.20).

Московская Биржа, 2016. Правила проведения торгов в Закрытом акционерном обществе “Фондовая биржа ММВБ”. Часть 2. Секция фондового рынка.

Науменко, В.В., 2007. Моделирование риска рыночной ликвидности с учетом глубины рынка (Препринт). ГУ ВШЭ, Москва.

Правительство Российской Федерации, 2008. Стратегия развития финансового рынка Российской Федерации на период до 2020 года.