

Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии:
по материалам международной конференции «Диалог 2018»

Москва, 30 мая — 2 июня 2018 г.

СИНТАКСИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОСОДИЮ

Гращенко П. В. (pavel.gra@gmail.com)

МГУ им. М. В. Ломоносова; ИВ РАН, МПГУ; Москва, Россия

Кириллова А. А. (anastasya_kirillova@hotmail.com),

Смирнова О. С. (kisaolga@mail.ru)

МГУ им. М. В. Ломоносова; Москва, Россия

SYNTACTIC FACTORS THAT INFLUENCE PROSODY

Grashchenkov P. V. (pavel.gra@gmail.com)

Lomonosov Moscow State University, IOS RAS,
Moscow Pedagogical State University, Moscow, Russia

Kirillova A. A. (anastasya_kirillova@hotmail.com),

Smirnova O. S. (kisaolga@mail.ru)

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The paper examines dependencies between the syntactic and prosodic structure with particular attention to the pausation and different levels of prosodic boundary strength. The research is based on the prosodic data markup for a spoken Russian text and the manual tagging of this text with the relevant syntactic constituent boundaries. Two types of structures, the finite clause and the asyndetic coordination, exhibit a strong positive correlation with the appearance of a pause and the perceptual prosodic boundary. We also demonstrate the presence of a substantial correlation between the syntactic embedding depth and prosodic boundaries. The results of our research show a significant connection between some of the initially proposed syntactic factors and prosodic structure. We thus anticipate that prosodic modules of TTS systems can benefit from taking certain syntactic information into consideration.

Key words: syntactic structure, prosodic structure, Russian, pausation, prosodic boundary, correlation analysis

1. Введение: синтаксическая и просодическая организация высказывания¹

Предложения как законченные формы высказывания имеют определенную синтаксическую структуру. Одновременно с этим любое предложение может члениться на фонетические составляющие (фонетические фразы, синтагмы). Подобное членение вслед за [Кривнова 2015] и другими работами мы будем называть просодическим (ПЧ). Основные фонетические средства ПЧ — паузация и переломы тона, некоторое влияние, кроме того, оказывают и такие факторы как громкость, темп и фонация, см. [Кривнова 2015], [Кодзасов, Кривнова 2001: 304–330].

Просодические границы между синтагмами могут быть различной глубины. Наиболее слабы границы внутри фонетического слова и акцентной группы, следующие по силе границы возникают между фонетическими словами / акцентными группами внутри фонетической синтагмы, далее идут границы между фонетическими синтагмами / акцентными группами, и, наконец, между интонационными фразами и на границе смежных высказываний, см. [Кривнова 2015] и приведенные там ссылки.

В [Sanderman 1996] на материале голландского языка впервые была исследована «объективная» природа ПЧ. Было установлено, что перцептивное восприятие разных носителей хорошо соотносится между собой — определение границ ПЧ разными носителями в целом совпадает. Сандерман также определила, что носители сходятся примерно на 5 уровнях глубины ПЧ, а наибольший вес по сравнению с другими фонетическими факторами имеет паузация.

Как показано в экспериментах, проведенных под руководством О. Ф. Кривновой, см. [Кривнова 2015], [Смирнова 2017], для русского языка также оказываются релевантны 5 уровней глубины ПЧ. Более того, как было установлено в рамках данных экспериментов, для русского языка 5 уровней перцептивно различаемых носителями просодических швов (ПШ) также значимо коррелируют с длительностью паузы. ПШ каждого уровня соответствуют паузы определенной длительности.

В работах Т. Е. Янко развит подход к исследованию фонетических составляющих в терминах акцентоносителя — акцентного пика, маркирующего определенную словоформу в рамках синтаксической группы, см. [Янко 2001], [Янко 2010], [Янко 2014] и указанные там источники. Обычно акцентоносителем является последняя словоформа, однако при наличии эмфазы, контраста и т. д. акцентоноситель может сдвигаться. Акцентоноситель обычно соответствует границе ПШ, однако ПШ низкого ранга обычно не сопровождаются акцентоносителем.

На выбор (типа) акцентоносителя / простановку ПШ оказывают влияние различные факторы: коммуникативная структура, см. [Кодзасов 2009], [Падучева 2016] и др., а также линейный порядок, «тяжесть» составляющих и проч. Ключевым для нас является вопрос о влиянии синтаксического

¹ Авторы выражают глубокую благодарность О. Ф. Кривновой за помощь в подготовке и проведении данного исследования. Авторы также признательны Оргкомитету конференции «Диалог» и анонимным рецензентам за сделанные наблюдения и замечания.

компонента: «выбор акцентоносителя в коммуникативном компоненте определяется целым набором параметров, важнейший из которых — синтаксическая структура...», [Янко 2014: 107].

Существуют различные точки зрения относительно связи синтаксиса и ПЧ. Один взгляд на связь синтаксиса и просодии предполагает, что синтаксические иерархии и синтаксические составляющие являются основой для действия последующего просодического компонента, см. [Halliday 1967], [Selkirk 1978], [Янко 2008] среди прочих работ. Альтернативная точка зрения состоит в том, что просодическое членение не основывается на синтаксисе, а наблюдаемые случаи совпадения границ подчиняются определенным когнитивным механизмам, см. [Croft 1995], [Lahiri, Plank 2010].

Заметим при этом, что в работе [Fach 1999] соответствие просодических и синтаксических границ для английского языка было оценено на уровне 65%. Это показывает, что синтаксическая структура явно заслуживает внимания при определении границы ПЧ.

Были представлены и различного рода гибридные подходы. Так, например, в работе [Steedman 2000] фактически предлагается модифицировать правила синтаксической композиции так, чтобы они учитывали информацию о коммуникативной структуре. Благодаря этому можно строить «поверхностную структуру» (surface structure), являющуюся, по сути, контаминацией синтаксической и просодической структуры.

Главная задача, поставленная в данной работе, — исследовать вопрос о том, насколько синтаксическая структура влияет на просодическое членение в русском языке.

2. Паузация и синтаксическая структура

В работе будут представлены результаты предпринятого нами экспериментального исследования зависимости паузации от синтаксической структуры. Паузация выбрана нами по следующим причинам. Во-первых, согласно ряду исследований (см. выше), паузация является определяющим для ПЧ фактором. Во-вторых, информация о длительности пауз может быть получена относительно легко и является достаточно наглядной (т.к. представлена численно, в миллисекундах).

Текущий раздел статьи целиком посвящен связи синтаксиса с паузацией. Мы начнем с изложения результатов некоторых предыдущих работ как прикладного, так и исследовательского направления, затем опишем языковые данные, которые легли в основу исследования и правила их анализа. После этого мы вкратце представим типы синтаксических структур-потенциальных носителей ПШ, а затем приведем результаты, демонстрирующие связь синтаксиса с паузацией.

2.1. Прикладные и экспериментальные исследования влияния синтаксиса на просодическое членение

Большинство исследователей сходится в том, что «прогноз интонационно-смыслового членения и паузирования при чтении конкретного текста представляет собой сложную задачу, решение которой связано с определением баланса между конкурирующими факторами разных уровней», [Кривнова, Чардин 1999: 100]. В [Кривнова, Чардин 1999] говорится как о необходимости учета синтаксической информации для постановки пауз, так и о технической сложности получения адекватных данных о синтаксической структуре. В работе [Лобанов 2008] предлагается элементарный алгоритм построения синтаксической структуры для русского языка. Данная синтаксическая структура используется для простановки просодических границ «напрямую», на основании ее также проставляется фразовое ударение. Позже в данную систему был интегрирован синтаксический анализатор лингвистического процессора ЭТАП-3, см. [Иомдин, Лобанов 2009], [Иомдин, Лобанов, Гецевич 2011].

Хорошие результаты по качеству простановки просодических границ для русского языка задекларированы в разработках ООО «ЦРТ», см. [Хомицевич, Соломенник 2010], [Рыбин, Чистиков, Хомицевич 2014]. Применяемый алгоритм использует правила и статистические модели и основывается на информации о пунктуации, количестве слов и слогов, грамматической форме и синтаксических связях. Как показывают авторы, работа над качеством синтаксических связей приводит к улучшению качества просодической разметки.

Необходимость учета синтаксической структуры при построении просодических границ признается большинством ученых. Есть, однако, две проблемы, преодолеть которые на данном этапе практически не удалось: i) отсутствие четкого понимания того, как именно синтаксическая структура влияет на просодическую организацию и ii) недостаточно высокое качество информации о синтаксической структуре, предоставляемое системами автоматического анализа.

Тем не менее, даже возможное наличие ошибок и недостаточность точных знаний о том, как синтаксис влияет на ПШ в каждом конкретном случае, не означают, что учет синтаксической информации бессмысленен, см., например, [Tepperman, Nava 2011]. В указанной работе на материале английского языка предложен алгоритм преобразования полных синтаксических деревьев в цепочки просодических ярлыков с их промежуточным представлением в виде иерархической структуры. По утверждению авторов, это позволило получить прирост в качестве относительно алгоритма, основанного только на n-граммах из цепочек частеречных ярлыков.

Большинство исследователей сходятся во мнении, что корректная синтаксическая информация улучшает качество простановки ПШ и пауз. Построение контекстно-свободного синтаксического анализатора требует больших затрат ресурсов и производительности, и на практике осуществляется достаточно редко, см. [Jurafsky, Martin 2000: 319–390] и др. Зачастую для улучшения качества простановки ПШ предлагается тот или иной вариант грубого или частичного парсинга, см. выше. Ожидается, что частичный парсинг позволил бы, например, учитывать информацию о «глубине вложенности» составляющих, роли именных групп в предикации и т.д.

На деле попытка полагаться на такую синтаксическую информацию, пусть и полученную подобным «дешевым» с точки зрения затрат ресурсов способом, оказывается похожа на гадание. Причина здесь все в том же отсутствии четких представлений о том, как правила синтаксиса отображаются в правила ПЧ.

Наша работа построена по иному сценарию. Мы поставили себе задачу выделить основные синтаксические факторы, оказывающие влияние на ПЧ, а затем — проверить, действительно ли такое влияние имеет место. В случае синтаксических факторов, влияющих на наличие ПШ, обнаружения информации о них необходимо в дальнейшем учитывать в прикладных системах с одной стороны, а с другой — попытаться осмыслить факты корреляций посредством теоретического аппарата современной лингвистики.

2.2. Синтаксические факторы, которые могут иметь влияние на просодическое членение

Синтаксическая структура может способствовать появлению ПШ в одном из следующих общих случаев: i) словоформа находится на правой (=«закрывающей») границе некоторой структурно значимой части высказывания; ii) между двумя словоформами имеется элидированный лексический или грамматический материал; iii) словоформа «закрывает» часть синтаксической составляющей, подвергшейся передвижению вверх по структуре.

В первом случае уместно вспомнить понятие фазы, сформулированное в [Chomsky 2001]. Фазой является та часть синтаксической структуры, которая подлежит озвучиванию и интерпретации (а части больше или меньше фазы — нет). Общеизвестно, что фазой является финитная клауза, как в роли главного предложения, так и в качестве зависимой клаузы.

Случай ii) в наиболее явном варианте может быть продемонстрирован на примере эллипсиса:

- (1) ... он был еще только редактором газеты, а она — уже известным поэтом и драматургом. (Интернет)

Тире в данном примере соответствует опущенной бытийной связке и в речи будет сопровождаться паузацией. К данному классу относятся случаи с опущенной нулевой связкой, эллипсис и бессоюзное сочинение, в котором союз предположительно соответствует нулевой единице и фонологически выражается паузацией.

Класс iii) включает составляющие, подвергшиеся передвижению. Здесь мы просто перечислим их без обоснования причин, по которым такие структуры следует считать производными. К iii) относятся: деепричастный, причастный, адъективный и субстантивный обороты, а также случаи инверсии или подъема вверх по структуре (см. подробнее ниже).

Представленные выше случаи связаны с типом синтаксической составляющей. Есть, однако, еще один важный фактор, касающийся глубины вложенности синтаксического материала. А именно, исходные ожидания состоят в том, что чем более глубоко вложена синтаксическая составляющая, тем скорее на соответствующем ей словоразделе будет ПШ. Эту гипотезу мы обсудим в следующем разделе работы.

К числу связанных с синтаксисом факторов, безусловно, стоит отнести и фонологическую «тяжесть» составляющих. А именно, чем больше в составе некоторой синтаксической единицы зависимых словоформ, и чем больше в этих словоформах слогов, тем более вероятен ПШ после нее. Например, в [Bachenko, Fitzpatrick 1990] указывается, что большие синтаксические составляющие неизбежно будут разбиты на более мелкие составляющие для удобства произнесения. Фактор, связанный с фонологической тяжестью материала мы, однако, оставим для будущих исследований.

2.3. Языковые данные

Исследование проводилось по тексту И. Грековой (Е. С. Вентцель) «Люда Величко» (часть повести «Кафедра»). Отрывок, содержащий 2712 словоформ, был озвучен диктором, после чего получил просодическую и синтаксическую разметку. Просодическая разметка содержит информацию о длительности пауз (всего их отмечено 737) и наличии просодических швов (градация — от 0 до 5).

Данные о паузации исходно представляли собой длину паузы в миллисекундах. При получении результатов они рассматривались как бинарный признак: при наличии паузы любой отличной от нуля длительности считалось, что пауза есть, а в случае, когда значение длительности межсловного интервала равнялось нулю, — что ее нет.

Для того чтобы получить результаты о влиянии типа синтаксической составляющей на просодическое оформление высказывания было выделено несколько типов потенциально релевантных синтаксических структур. Далее была проведена ручная разметка текста маркерами таких составляющих. Приведем список типов синтаксических составляющих, подвергшихся анализу.

2.4. Синтаксические структуры, потенциально связанные с ПЧ

Для исследования связи с ПЧ нами были выделены синтаксические конструкции, которые будут представлены ниже примерами из указанного отрывка текста Грековой.

а) финитная клауза (CP) в абсолютном конце предложения

Пример финитного предложения в абсолютном конце:

(2) [_{CP} У самого берега шевелились пиявки].

На границе финитной клаузы пауза и ПШ ожидаются с высокой вероятностью, так как это завершение высказывания и граница ожидается как по семантическим, так и по физиологическим — необходимость набрать дыхания — причинам. В [Кривнова 2007], где исследована организация речевого дыхания, паузы были отмечены на границах предложения в 94% случаев. Можно, однако, представить себе ситуацию, когда паузы для дыхания не соответствуют концу финитного предложения.

b) финитная клауза (CP) внутри сложного предложения

Финитные клаузы внутри сложного предложения разбиваются на подчиненные (3.a) и сочиненные (3.b):

- (3) а. [_{CP} *Мать рада была без памяти, не знала*, [_{CP} *чем и ублажить дочку студентку*]].
 б. [_{CP} [_{CP} *Медленное детство*]]; [_{CP} *домик деревянный, покосившийся, обнесённый щербатым штакетником*]].

c) деепричастный оборот

Деепричастный оборот (GP) можно продемонстрировать следующим примером

- (4) *Потом*, [_{GP} *придя в норму*], *начала выходить*.

Для деепричастных оборотов, как и для других конструкций с обособлением, кроме правой границы была размечена также и левая.

d) сочинение без союза

Сочинение было представлено как бинарное объединение конъюнктов в группу, имеющую соответствующий их категории ярлык. При анализе данных (как бессоюзного, так и союзного сочинения) было проведено разделение по типу сочиняемой составляющей, ниже мы приводим пример бессоюзного сочинения клауз и именных групп (DP):

- (5) а. [_{CP} [_{CP} *Одна фабрика*], [_{CP} *лесопильный завод*], [_{CP} *вязальная мастерская*], [_{CP} *комбинат бытового обслуживания*]].
 б. *Солила огурцы с* [_{DP} [_{DP} *укропом*], [_{DP} *чесноком*], [_{DP} *тмином*], [_{DP} *дубовым листом*]].

Случаи как союзного, так и бессоюзного сочинения именных групп с общим предлогом рассматривались как сочинение соответствующих именных групп без предлога с последующим включением всей получившейся составляющей в предложную группу:

- (6) *...падаая с ног* [_{PP} [_P *от*] [_{DP} [_{DP} *усталости*] и [_{DP} *недоедания*]]]...

e) сочинение с союзом

При союзном сочинении сам союз считался относящимся к группе второго конъюнкта:

- (7) [_{CP} [_{CP} *Люда росла*], [_{CP} и [_{CP} *город рос, но как-то вяло, с запинками*]].]

Сочинение с союзом также показалось нам заслуживающим рассмотрения, несмотря на то, что в нем, на первый взгляд, отсутствует нулевой элемент, предположительно соответствующий паузе при озвучивании. Здесь можно было бы предложить (не вступая в длинную дискуссию) следующее теоретическое обоснование. Как отмечено в ряде работ, см. [Progovac 1998a], [Progovac 1998b], [de Vries 2005] и др., сочинение вовсе не обязательно анализировать как плоскую составляющую из конъюнктов, разделенных союзом и не имеющую других элементов структуры. Вполне можно допустить, что союзное сочинение

предполагает кроме собственно союза также некоторый структурный элемент, соответствующий вершине сочиненной группы

(8) $[_{DP} [_{DP} \text{усталости}] [_{Conj} \emptyset [_{DP} \text{ и } [_{DP} \text{ недоодеяния}]]]]...$

Если принимать подобную гипотезу, то и в случае бессоюзного ПШ также может соответствовать не нулевому союзу, а абстрактной вершине $[_{Conj} \emptyset]$. В данной работе мы, однако, не будем подробно останавливаться на анализе сочинения, ограничимся лишь констатацией того, что сочинению может соответствовать больше элементов, чем представлено в поверхностной структуре.

f) причастный оборот

Причастные обороты рассмотрены отдельно от адъективных, так как их влияние на пунктуацию неодинаково. Пример с группой причастия (PtcpP) приведен ниже:

(9) *...с мутной чёрной водой, $[_{Ptcp} [_{Ptcp} \text{отравленной}]]$ фабричными стоками]*

g) адъективный оборот

Конструкции с адъективным обособлением представлены как особый вид именной группы с согласованным адъюнктом (AP):

(10) *Уж как она $[_{DP} [_{DP} \text{её}], [_{AP} \text{проклятую}]]$, выучила!*

Отметим, что под данным ярлыком понималась целая группа явлений при том, что количество встреченных нами адъективных оборотов было небольшим. Полагая, что адъективные обороты должны быть более детально изучены в будущем, ниже мы приведем текущие результаты по ним. Отметим также, что на письме такие обороты всегда выделяются запятыми, что, как будет показано, не всегда соответствует паузе.

h) субстантивный оборот

Конструкции с субстантивным обособлением представлены примерами ниже и имеют обязательным условием согласование в падеже:

(11) а. $[_{DP} [_{DP} \text{Студенты}], [_{DP} \text{акселераты и акселератки}]]$, *цельми взводами ходили по коридорам...*

б. *Зашла к $[_{DP} [_{DP} \text{Зое Петровне}], [_{DP} \text{школьной учительнице}]]$.*

i) инверсия

В русском языке имеется достаточное количество возможных преобразований базового порядка слов. В данном исследовании было решено ограничиться конструкциями с постпозицией субъекта. Такие конструкции включают, например, локативную инверсию:

(12) $[_{CP} [_{VP} \text{В так называемом центре} —] [_{TP} [_{DP} \text{несколько каменных зданий}] t_{VP}]]$

В данном примере глагольная группа или ее часть подверглась передвижению вверх по структуре, чему должно сопутствовать просодическое выделение после словоформы центре.

Другой тип конструкций с постпозицией субъекта — вынос темы, представленной прямым или косвенным объектом или адьюнктом в абсолютное начало с предшествующим подъемом по структуре остальной части глагольной группы в позицию над подлежащим:

- (13) [_{CP} [_{PP} *Из всего этого*] [_{CP} [_{VP} *составился у нее в воображении*]
[_{TP} [_{DP} *образ...*]]]

Местом потенциальной паузы в речи считался словораздел после первой вынесенной составляющей (после *этого* в примере выше).

ж) подъем объекта или адьюнкта

Еще один тип исследованных конструкций с передвижением — случай, когда прямой или косвенный объект либо адьюнкт поднимается вверх по структуре под воздействием тех или иных коммуникативных факторов:

- (14) [_{CP} [_{PP} *В метро*] [_{TP} *даже лестницы бегут*]]

В данном примере предложная группа передвигается в левую периферию, что потенциально должно сопровождаться ПШ между ней и оставшейся частью клаузы.

к) нулевая связка

Нули должны быть восстановлены в соответствующей позиции и, как ожидается, соответствуют паузе / ПШ:

- (15) [_{CP} [_{VP} [_{PP} *В так называемом центре*] — [_{VP} [_V \emptyset]]] [_{CP} *несколько каменных зданий*]].

л) эллипсис

При эллипсе на месте опущенного материала также ожидается пауза и/ли ПШ:

- (16) *Потом разъехались отдыхать* — [_{DP} *Ася*] [_{VP} [_V ____] *к родителям на Украину*], а [_{DP} *Люда*] [_{VP} [_V ____] *к матери в родной городок*].

2.5. Связь типа синтаксической проекции с паузацией

Большинство выделенных синтаксических составляющих продемонстрировало наличие зависимости с паузацией согласно критерию независимости номинальных признаков χ^2 и «точному» критерию Фишера (последний применим только для выборок небольшого объема и таблиц сопряженности 2x2, т.е. для бинарных признаков) при уровне значимости (величине вероятности ошибки 1-го рода) 0,05. Отсутствие корреляций между ожидаемым оформлением (=паузацией) было отмечено лишь для адъективных оборотов, инверсии и нулевых связок (по обоим статистическим критериям).

Ниже приведено количество оборотов каждого типа с данными по средней длительности пауз. При подсчете статистических критериев паузы рассматривались бинарно (есть / нет).

а) финитная клауза (СР) в абсолютном конце предложения

Исходя из приведенных ниже данных можно утверждать, что граница финитной клаузы на конце предложения всегда связана с паузацией.

Таблица 1. Данные о паузах на границах конечных финитных клауз

соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
235/235 (100%)	892,8

б) финитная клауза (СР) внутри сложного предложения

Финитная клауза в составе сложного предложения также соответствует паузе.

Таблица 2. Данные о паузах на границах внутренних финитных клауз

соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
217/263 (83%)	376,3

с) деепричастный оборот

Левая и правая границы деепричастного оборота также связаны с паузами.

Таблица 3. Данные о паузах на границах деепричастных оборотов

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
левая граница	11/16 (69%)	181,9
правая граница	5/6 (83%)	355,6
в целом	16/22 (73%)	236,2

д) сочинение без союза

О значимом влиянии бессоюзного сочинения на паузацию можно говорить во всех случаях, даже если размер выборки небольшой (например, в случае РР — согласно критерию Фишера $p < 0,05$).

Таблица 4. Данные о паузах при бессоюзном сочинении

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
СР	107/120 (89%)	336,5
VP	40/57 (70%)	261,4
DP	36/50 (72%)	169,2

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
AP	15/21 (71%)	245,6
PP	5/8 (63%)	123,6
в целом	203/258 (79%)	280,6

е) сочинение с союзом

Союзное сочинение в большинстве случаев соответствует паузам (см. Таблицу 5). Согласно критерию χ^2 и точному критерию Фишера зависимость значима ($p \ll 0,05$). Отдельно была проанализирована зависимость паузации от коннекторов при сочинении — данные для трёх самых частотных союзов (по убыванию количества примеров в материале) представлены в Таблице 6.

Таблица 5. Данные о паузах при союзном сочинении (типы составляющих)

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
CP	25/30 (83%)	311,5
VP	22/26 (85%)	241,6
DP	9/15 (60%)	205,8
в целом	61/78 (78%)	258,6

Таблица 6. Данные о паузах при союзном сочинении (союзы)

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
<i>и</i>	26/38 (68%)	218,0
<i>а</i>	13/17 (76%)	307,3
<i>но</i>	16/16 (100%)	310,4

ф) причастный оборот

Причастный оборот связан с паузацией.

Таблица 7. Данные о паузах на границах причастных оборотов

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
левая граница	10/15 (67%)	199,6
правая граница	5/6 (83%)	211,8
в целом	15/21 (71%)	203,7

г) адъективный оборот

Данных по адъективным оборотам достаточно немного. Из них, однако, следует, что они не оказывают статистически значимого влияния на паузацию согласно точному критерию Фишера:

Таблица 8. Данные о паузах на границах адъективных оборотов

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
левая граница	1/5 (20%)	25
правая граница	3/4 (75%)	61,7
в целом	4/9 (44%)	52,5

h) субстантивный оборот

Субстантивный оборот соответствует паузам при озвучивании текста.

Таблица 9. Данные о паузах на границах субстантивных оборотов

	соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
левая граница	11/12 (92%)	292,8
правая граница	4/5 (80%)	202,3
в целом	15/17 (88%)	261,3

i) инверсия

Согласно обоим статистическим критериям, отмеченные случаи инверсии не оказывают значимого влияния на паузацию.

Таблица 10. Данные о паузах при инверсии

соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
10/36 (28%)	175,5

j) подъем объекта или адъюнкта

Подъем синтаксической составляющей положительно связан с паузацией согласно критерию χ^2 ($p < 0,05$).

Таблица 11. Данные о паузах при подъеме составляющей

соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
13/79 (16%)	165,0

к) нулевая связка

Примеры с нулевыми связками не продемонстрировали непосредственной связи с наличием паузы ни по одному из двух статистических критериев.

Таблица 12. Данные о паузах при нулевых связках

соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
9/37 (24%)	174,1

л) эллипсис

Согласно критерию Фишера эллипсис влияет на паузацию ($p < 0,05$), однако однозначного вывода по выборке настолько небольшого объема сделать невозможно.

Таблица 13. Данные о паузах при эллипсисе

соответствие паузам	средняя длит. паузы (мс)
1/19 (5%)	31,0

2.6. Связь типа синтаксической проекции с паузацией: итоги

Однозначные корреляции с паузой наблюдаются в случаях: а) финитной клаузы в абсолютном конце предложения, б) финитной клаузы внутри сложного предложения, с) деепричастного оборота, d) сочинения без союза, е) сочинения с союзом, f) причастного оборота, h) субстантивного оборота, j) подъема объекта или адъюнкта.

В случае эллипсиса, пункт л), корреляция между синтаксической конструкцией и наличием паузы также скорее имеет место.

Об отсутствии корреляции можно говорить в случаях: g) адъективного оборота, i) инверсии, k) нулевой связки.

Наличие запятой не всегда связано с паузацией. Это видно на примере адъективных оборотов, выделяющихся запятой, но не демонстрирующих связи с паузами. Возможно, таким образом, говорить о том, что синтаксические факторы влияют на паузацию не только опосредованно, т.е. через запятые, но также должны учитываться и независимо от запятых.

В следующем разделе работы будут представлены данные о корреляциях между синтаксисом и ПЧ.

3. Некоторые корреляции между синтаксисом и ПЧ

Нами также было начато предварительное исследование корреляции синтаксиса и границ ПЧ². Перцептивные границы ПЧ были выделены на основании согласования данных пяти (из двадцати принимавших участие в эксперименте) носителей. Ниже мы кратко опишем основные результаты, касающиеся описанных выше синтаксических конструкций, а затем скажем несколько слов о связи между глубиной синтаксического ветвления и наличием ПШ.

3.1. Корреляции между синтаксическими факторами и ПШ

При рассмотрении ПЧ в контексте синтаксиса важно понимать, какое влияние тот или иной фактор оказывает на появление пауз в речи и насколько оно значимо. В связи с этим был предпринят корреляционный анализ выборки, полученной после обработки исходного озвученного текстового фрагмента. При рассмотрении факторов мы абстрагируемся от внутреннего подразделения типов (конечные vs. вложенные финитные клаузы, различные типы составляющих при сочинении и т. д.).

Для оценки степени зависимости между ПШ и синтаксическими конструкциями для конструкции каждого из упомянутых выше типов составляющих были посчитаны значения двух коэффициентов корреляции — Пирсона (линейного) и Спирмена (рангового). Так как на основе имеющихся данных нельзя исключить нелинейные корреляционные зависимости, использование рангового критерия представляется необходимым. В Таблице 14 приведены значения коэффициентов для факторов, для которых с вероятностью 95% можно утверждать о наличии значимой взаимосвязи с ПШ. Об относительно выраженной корреляции можно говорить лишь в случае финитной клаузы и бессоюзного сочинения, в остальных случаях зависимость слабая (о сильной связи свидетельствуют значения коэффициентов, близкие к ± 1 , о слабой — близкие к 0).

Таблица 14. Результаты корреляционного анализа зависимости между ПШ и синт. факторами

фактор	коэф. Пирсона	коэф. Спирмена
финитная клауза	0,76	0,72
бессоюзное сочинение	0,35	0,42
союзное сочинение	0,14	0,19
адъективный + причастный обороты	0,07	0,11
деепричастный оборот	0,07	0,10
субстантивный оборот	0,07	0,09

Получившиеся значения являются мерой парных корреляций, в дальнейшем авторы планируют анализ множественных связей — между суммарными

² Авторы признательны О. Ф. Кривновой, С. В. Князеву, Е. В. Моисеевой и Л. М. Захарову за предоставленные данные по разметке.

факторами и ПШ. Совместное рассмотрение синтаксических конструкций в контексте ПЧ может позволить выявить значительные зависимости, присутствующие на уровне сумм признаков.

Отдельно в процессе исследования была проанализирована взаимосвязь маркеров синтаксических составляющих, полученных в результате ручной разметки, и глубины ПШ. В таблицах сопряжённых признаков 15–16 представлены распределения 2712 словоразделов исследуемого текста в зависимости от присутствия одного из факторов с наибольшей корреляцией с паузацией (финитной клаузы и бессоюзного сочинения) и значения силы брейка по 5-балльной шкале.

Таблица 15. Распределение данных по уровням ПШ и наличию маркера финитной клаузы

финитная клауза	глубина ПШ						всего
	0	1	2	3	4	5	
0	1808	158	229	19	0	0	2214
1	19 (4%)	27	193 (39%)	180 (36%)	59	20	498
всего	1827	185	422	199	59	20	2712

Таблица 16. Распределение данных по уровням ПШ и наличию маркера бессоюзного сочинения

бессо- юзное сочинение	глубина ПШ						всего
	0	1	2	3	4	5	
0	1822	138	263	154	55	20	2452
1	5 (2%)	47	159 (61%)	45	4	0	260
всего	1827	185	422	199	59	20	2712

Одновременно с меткой финитной клаузы наиболее вероятны ПШ уровня 2 и 3 (словоразделы с такой силой брейка составляют соответственно 39% и 36% всех маркированных как граница клаузы), в случае маркера бессоюзного сочинения в 61% случаев глубина просодического шва равна 2. Данные таблиц сопряжённости, с одной стороны, еще раз подтверждают наличие связи между рассматриваемыми синтаксическими конструкциями и ПШ — лишь в 4% и 2% случаев соответственно сила брейка при наличии фактора равна 0; коэффициент квадратичной связи Крамера V^3 оказался равен 0.77 для финитной клаузы и 0.5 для бессоюзного сочинения. С другой стороны, подобного рода информация

³ Коэффициент V принимает значения между 0 и 1 и является нормированным значением статистики Пирсона (критерий χ^2 для проверки гипотезы независимости в таблицах сопряжённых признаков). Близость его к нулю говорит о независимости, а в случае близости к 1 гипотеза независимости может быть отвергнута с малой вероятностью ошибки.

дает возможность с определенной долей уверенности предсказывать глубину ПШ и длительность паузы для словоразделов с известным синтаксическим окружением. В данном случае анализируемый материал был небольшим, однако при достаточно большом объеме выборки подобного рода информацию можно учитывать в процессе разработки и усовершенствования систем автоматического синтеза речи для наиболее естественной паузации.

3.2. Корреляции между глубиной синтаксического вложения и ПШ на основании разметки ЭТАП-3

В процессе анализа синтаксической информации были отдельно рассмотрены данные о границах составляющих, полученные из синтаксической разметки того же текста повести «Кафедра» Грековой, осуществленной в рамках проекта ЭТАП-3, см. [Дьяченко и др. 2015]⁴. Благодаря разметке границ непосредственных составляющих появилась возможность изучения связи просодии и глубины вложения (в данном случае соответствующей количеству скобок в формальной записи структуры составляющих).

Гипотеза о зависимости просодической структуры от степени вложенности соответствующих синтаксических единиц согласуется с подходом в генеративной фонологии, известным как Правило Ядерного Ударения (Nuclear Stress Rule) и постулирующим обусловленность места акцента структурой составляющих. В упрощенном виде общепринятую на данный момент формулировку (см., например, [Cinque 1993]) можно представить так: при озвучивании получает именно наиболее глубоко вложенная составляющая получает фразовое ударение. Так как и ПШ, и фразовое ударение по сути являются частью одной структуры, нам кажется обоснованным рассмотрение синтаксической скобочной разметки в составе данного исследования.

В Таблице 17 приведены результаты корреляционного анализа для различных участков скобочной разметки на словоразделе и ПШ.

Таблица 17. Коэффициенты корреляции Пирсона между элементами скобочной разметки и ПШ

признак	коэффициент корреляции
число закрывающих скобок]	0,59
число открывающих скобок [0,43
число открывающих предложение скобок .[0,65
общее число скобок][0,68

Заметим, что определенное влияние на просодическое членение, как представляется, оказывает также общее число скобок в предложении — большое

⁴ Авторы статьи выражают благодарность коллегам из проекта ЭТАП-3 за предоставление корпуса с синтаксической разметкой. Авторы также благодарны О. М. Аншакову за помощь в преобразовании дерева зависимостей в структуру составляющих.

их количество может свидетельствовать как о сложности структуры, так и о длине фразы, при этом длинные предложения обязательно будут разбиты паузой при произнесении. Данная гипотеза будет рассмотрена нами при дальнейшем исследовании.

3.3. Корреляции между синтаксисом и ПЧ: предварительные результаты

Учитывая небольшой объем выборки, мы не имеем права утверждать, что рассмотренные корреляции устроены именно так, как было показано выше. Тем не менее, представляется, что полученные нами данные являются важным шагом в сторону понимания зависимости между элементами синтаксической структуры и просодическим членением и позволяют задать направления для дальнейших исследований.

Обобщая результаты, представленные в данном разделе, сформулируем следующие результаты: i) наличие ПШ на словоразделе наиболее явно зависит от присутствия границы финитной клаузы и маркера бессоюзного сочинения; ii) различные факторы по отдельности относительно слабо связаны с ПШ, требуется анализ **множественных** связей; iii) при отдельных синтаксических маркерах весьма вероятно глубина ПШ определенных уровней, что может позволить предсказывать силу брейка и длительность паузы; iv) при учете скобочной разметки непосредственных составляющих число закрывающих скобок на словоразделе является признаком, в наибольшей степени коррелирующим с наличием ПШ.

4. Заключение

Целью данной работы было рассмотрение синтаксических факторов, влияющих на наличие просодической границы. Авторы ставили перед собой задачу прежде всего обнаружить такие факторы, детальное обсуждение их природы и причин, по которым такое влияние синтаксиса на просодию может иметь место, мы оставляем на будущее.

Как мы видели, в целом ряде случаев наблюдается устойчивая связь между синтаксисом и просодией. Отмеченные факты зависимости просодической структуры от синтаксической, очевидно, должны учитываться при создании систем синтеза речи и решении других похожих задач.

Отметим, что для получения более надежных свидетельств о характере связи синтаксиса и просодии в последующих экспериментах необходимо расширить выборку для отдельных синтаксических конструкций, ввести дополнительную разметку и т. д. Кроме того, представлялось бы правильным полагаться не только на письменные тексты, т. к. диктор при их озвучивании ориентируется на запятые и другие знаки препинания (хотя, как мы видели, этот фактор не всегда является определяющим). Для более чистого эксперимента, исключающего влияние пунктуации необходим также анализ синтаксиса и просодии (в корпусах) спонтанной речи, что тоже — объект возможного продолжения данного исследования.

Список ярлыков синтаксических составляющих

- AP — группа прилагательного
- CP — финитная клауза
- DP — именная группа
- GP — группа деепричастия
- PP — предложная группа
- PtcpP — группа причастия
- QP — группа квантификатора
- VP — глагольная группа

Литература

1. *Bachenko J., Fitzpatrick E.* (1990), A computational grammar of discourse-neutral prosodic phrasing in English, *Computational linguistics*, 16(3), pp. 155–170.
2. *Cinque G.* (1993), A null theory of phrase and compound stress, *Linguistic Inquiry*, 24, pp. 239–298.
3. *Chistikov P. G., Khomitsevich O. G., Rybin S. V.* (2014), Statistical methods for automatic determination of pause locations and length in TTS systems [Statisticheskiye metody avtomaticheskogo opredeleniya mest i dlitel'nosti pazv v sistemakh sinteza rechi], *Proceedings of Higher Schools. Instrument engineering [Izvestiya vuzov. Priborostroyeniye]*, 57(2), pp. 28–32.
4. *Chomsky N.* (2001), Derivation by phase, in M. Kenstowicz (ed.), *Ken Hale: A life in language*, MA: MIT Press, pp. 1–52.
5. *Croft W.* (1995), Intonational Units and Grammatical Units, *Linguistics*, 33, pp. 839–882.
6. *Fach M. L.* (1999), A comparison between syntactic and prosodic phrasing, *Proceedings of EUROSPEECH'99*, pp. 527–530.
7. *Halliday M. A. K.* (1967), Notes on transitivity and theme in English. Part 2, *Journal of Linguistics*, 3, pp. 199–244.
8. *Kodzasov S. V., Krivnova O. F.* (2001), *General phonetics [Obschaya fonetika]*, Russian State University for the Humanities, Moscow.
9. *Jurafsky D., Martin J. H.* (2000), *Speech and language processing*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
10. *Kodzasov S. V.* (2009), *Research in the field of Russian prosody [Issledovaniya v oblasti russkoy prosodii]*, *Yazyki slavyanskikh kul'tur*, Moscow.
11. *Krivnova O. F., Chardin I. S.* (1999), Pausation in automatic speech synthesis [Pauzirovaniye pri avtomaticheskom sinteze rechi], *Theory and practice in speech research. Proceedings of ARSO-99 [Teoriya i praktika rechevykh issledovaniy (ARSO-99). Materialy konferenzii]*, Moscow, pp. 87–103.
12. *Krivnova O. F.* (2007), Speech breathing factor in intonational and pausal speech division [Faktor rechevogo dykhaniya v intonazionno-pauzal'nom chlenenii rechi], *Linguistic polyphony. Anniversary collection of articles for the 70-th anniversary of professor R. K. Potapova [Lingvisticheskaya polifoniya. Jubileyniy sbornik k 70-letiyu prof. R. K. Potapovoy]*, *Yazyki slavyanskikh kul'tur*, Moscow, pp. 424–444.

13. *Krivnova O. F.* (2015), The Depth of Prosodic Breaks in Spoken Text (Experimental Data) [Glubina prosodicheskikh shvov v zvuchaschem tekste (eksperimental'niye danniy)], Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference "Dialog 2015" [Komp'yuternaya Lingvistika i Intellekтуal'nye Tekhnologii: Trudy Mezhdunarodnoy Konferentsii "Dialog 2015"], Moscow, pp. 338–351.
14. *Khomitsevich O. G., Solomennik M. V.* (2010), Automatic pause placement in a Russian text-to-speech system [Avtomaticheskaya rasstanovka pazv v sisteme sinteza russkoy rechi po tekstu], Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference "Dialog 2010" [Komp'yuternaya Lingvistika i Intellekтуal'nye Tekhnologii: Trudy Mezhdunarodnoy Konferentsii "Dialog 2010"], Bekasovo, pp. 531–537.
15. *Khomitsevich O. G., Chistikov P. G.* (2013), Using statistical methods for prosodic boundary detection and break duration prediction in a Russian TTS system, Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference "Dialog 2013" [Komp'yuternaya Lingvistika i Intellekтуal'nye Tekhnologii: Trudy Mezhdunarodnoy Konferentsii "Dialog 2013"], Bekasovo, pp. 2–11.
16. *Lahiri A., Plank F.* (2010), Phonological phrasing in Germanic: The judgement of history, confirmed through experiment, Transactions of the Philological Society, 108(3), pp. 370–398.
17. *Lobanov B. M.* (2008), An algorithm of text segmentation on syntactic syntagmas for TTS synthesis [Algoritm segmentazii teksta na sintaksicheskiye sintagmy dlya sinteza rechi], Computational Linguistics and Intellectual Technologies: Proceedings of the International Conference "Dialog 2008" [Komp'yuternaya Lingvistika i Intellekтуal'nye Tekhnologii: Trudy Mezhdunarodnoy Konferentsii "Dialog 2008"], Moscow, pp. 323–329.
18. *Paducheva E. V.* (2016), Communicative structure and Linear-Accent Transformations [Kommunikativnaya struktura i lineyno-akzentniye preobrazovaniya (na materiale russkogo yazyka)], in A. V. Zimmerling, E. A. Lyutikova (eds.), Clause Architecture in the Parametric Models: Syntax, Information Structure, Word Order [Arkhitektura klauzy v parametricheskikh modelyakh: sintaksis, informazionnaya struktura, poryadok slov], Yazyki slavyanskikh kul'tur, Moscow, pp. 25–75.
19. *Progovac L.* (1998a), Structure for Coordination. Part I, Glot International, 3(7), pp. 3–6.
20. *Progovac L.* (1998b), Structure for Coordination. Part II, Glot International, 3(8), pp. 3–9.
21. *Sanderman A. A.* (1996), Prosodic phrasing: Production, perception, acceptability, and comprehension, Unpublished doctoral dissertation, University of Eindhoven, The Netherlands.
22. *Selkirk E.* (1978), On prosodic structure and its relation to syntactic structure, in T. Fretheim (ed.), Nordic Prosody II: Papers from a symposium, Trondheim: TAPIR, pp. 111–140.
23. *Smirnova O. S.* (2017), Statistical Analysis of Perceptive Estimation for Depth of Prosodic Breaks in Russian Spoken Text [Statisticheskiiy analiz rezul'tatov perzeptivnogo ozenivaniya glubiny prosodicheskikh shvov v russkom

- zvuchaschem tekste], paper presented at the International Conference “Dialog 2017”, Moscow.
24. *Steedman M.* (2000), Information Structure and the Syntax-Phonology Interface, *Linguistic Inquiry*, 34, pp. 649–689.
 25. *Tepperman J., Nava E.* (2011), Where Should Pitch Accents and Phrase Breaks Go? A Syntax Tree Transducer Solution, *Proceedings of INTERSPEECH-2011*, pp. 1353–1356.
 26. *de Vries M.* (2005), Coordination and syntactic hierarchy, *Studia Linguistica*, 59, pp. 83–105.
 27. *Yanko T. E.* (2001), Communicative strategies of Russian speech [Kommunikativniye strategii russkoy rechi], *Yazyki slavyanskoy kul'tury*, Moscow.
 28. *Yanko T. E.* (2008), Intonational strategies of Russian speech in a comparative aspect [Intonazionniye strategii russkoy rechi v sopostavitel'nom aspekte], *Yazyki slavyanskoy kul'tury*, Moscow.
 29. *Yanko T. E.* (2010), Principles for choosing wordforms carrying accent peaks in spoken texts [Prinzipy vybora slovoform-nositeley akzentnykh pikov v zvuchaschikh tekstakh], *Phonetics today. Proceedings of the VI international conference [Fonetika segodnya. Materialy dokladov i soobscheniy VI mezhdunarodnoy nauchnoy konferenzii 8–10 oktyabrya 2010]*, Moscow, pp. 134–136.
 30. *Yanko T. E.* (2014), Problems of analysis of communicative structures and intonation: questions and solutions [Problemy analiza kommunikativnykh struktur i intonazii: voprosy i resheniya], *Critique and semiotics [Kritika i semiotika]*, Vol. 21, Institute of Philology Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, pp. 93–126.