

## РАСПОЗНАВАНИЕ ПСИХОНЕВРОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ПО РЕЧЕВЫМ СИГНАЛАМ: АКУСТИЧЕСКИЕ И ПЕРЦЕПТИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© 2024 г. А. С. Николаев<sup>а,\*</sup>

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

\*e-mail: al.nikolajew@gmail.com

Поступила в редакцию 20.03.2023 г.

После доработки 05.12.2023 г.

Принята к публикации 24.04.2024 г.

Исследовано распознавание взрослыми психоневрологического состояния детей с расстройствами аутистического спектра (РАС),  $n = 35$ , и типично развивающихся (ТР) детей,  $n = 47$ , в возрасте 5–14 лет. Проведен перцептивный анализ, в котором приняли участие взрослые носители русского языка (аудиторы),  $n = 206$ . Для перцептивного анализа созданы тестовые последовательности (аудиотесты), содержащие слова и фразы детей с РАС и ТР детей, отобранные из записей спонтанной речи. Перед аудиторами стояла задача на основе слухового восприятия определить психоневрологическое состояние ребенка: типичное—атипичное развитие. Проведен спектрографический анализ речевого материала детей с РАС и ТР детей. Фразы детей с РАС характеризуются более низкой по сравнению с фразами ТР детей скоростью речи, меньшим количеством слов, большей длительностью ударных и безударных гласных в словах, более высокими значениями частоты основного тона по фразе, слову, ударному и безударному гласному.

*Ключевые слова:* детская речь, расстройства аутистического спектра, перцептивный анализ, распознавание речи, акустический анализ

DOI: 10.31857/S0320791924030155 EDN: ZKNWKT

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений речевых исследований является изучение возможности выявления по характеристикам голоса и речи индивидуальных особенностей говорящего, таких как возраст, пол говорящего [1, 2], его рост и вес [3], расовая и этническая принадлежность [4]. Многочисленные исследования направлены на определение патологических состояний по особенностям речи. Эти исследования направлены как на выявление специфических акустических характеристик, которые могли бы использоваться в качестве дополнительных диагностических признаков, так и на изучение восприятия речи слушателями. Анализируются особенности речи людей с различными диагнозами, такими как дизартрия, болезнь Паркинсона, синдром Дауна, умственная отсталость [5–9]. Ряд работ на материале разных языков посвящен описанию перцептивных [10–12], просодических [13] и акустических [14–16] характеристик речи детей с расстройствами аутистического спектра (РАС).

РАС объединяются комплексом общих симптомов, называемым аутистической триадой и включающим нарушение или атипичность социального поведения (в особенности межличностных коммуникаций), ограниченность форм поведения и склонность к стереотипным действиям, нарушение языка и речи [17].

Одной из главных особенностей РАС является недоразвитие или отсутствие у детей навыков разговорной речи по сравнению с типично развивающимися (ТР) сверстниками [18, 19]. В зависимости от тяжести расстройства нарушения речи могут проявляться на разных уровнях ее организации (артикуляционном, грамматическом, прагматическом) и варьировать от достаточно хорошо сформированной речи у детей с высокофункциональным аутизмом [20] до полного ее отсутствия (мутизм). К общим патологическим особенностям речи детей с РАС относятся эхолалия, бедный словарный запас, нарушение грамматического строя фраз.

Речь детей с РАС представлена в основном отдельными словами и короткими фразами [18, 21], в лексике преобладают существительные [22, 23]. Отмечается своеобразное словоупотребление у детей с РАС, в частности использование слов в неправильном значении. Дети с РАС отстают по сравнению с ТР детьми в усвоении ряда грамматических категорий: предлогов, местоимений, множественного числа, вспомогательных и модальных глаголов [24–26].

У большинства детей с РАС наблюдаются нарушения артикуляции: неправильное или атипичное произношение фонем, несформированность аффрикат, неправильное произношение кластеров согласных и т.д. [16, 24, 27].

В классической работе Каннера [28] речь детей с аутизмом описана как монотонная, однако современные исследования речи детей с РАС на материале разных языков указывают на высокие значения частоты основного тона (ЧОТ) — одной из основных характеристик звучащей речи [29] — и ее вариативность [14, 30–32]. Есть также и работы, в которых показано отсутствие значимых различий между значениями ЧОТ детей с РАС и ТР детей [33], что, по-видимому, обусловлено ситуациями записи речи. У детей с РАС отмечают аномальную просодику и атипичное словесное и фразовое ударение [13, 14, 34], более низкую скорость речи [35]. Описанные акустические особенности речи детей с РАС являются универсальными и проявляются у детей вне зависимости от возраста [36].

Целью данной работы явилось изучение распознавания взрослыми психоневрологического состояния детей с РАС в возрасте 5–14 лет при прослушивании их речевого материала.

## 1. МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие 82 ребенка в возрасте 5–14 лет: 35 детей с РАС (30 мальчиков, 5 девочек) и 47 ТР детей (37 мальчиков, 10 девочек). Речевой материал детей получен при тестировании по методике CEDM [37] и дополнительно отобран из базы "AD\_Child.Ru" [38] и включал слова и фразы, вырезанные из записей спонтанной речи. База данных "AD\_Child.ru", из которой отобран речевой материал, содержит всю необходимую медицинскую информацию о детях.

Дети с РАС, участвовавшие в исследовании, имели подтвержденный детским психиатром диагноз и баллы по шкале CARS [39] 31–43, что соответствует легкой и умеренной степени тяжести аутистического расстройства. Выборка детей с РАС

представлена преимущественно мальчиками, что соответствует частоте проявления аутистических расстройств в популяции [40], поэтому группа ТР детей сформирована аналогичным образом.

Для перцептивного эксперимента созданы 10 тестовых последовательностей (аудитотестов), каждая из которых содержала по 30 фрагментов речевого материала, каждый сигнал в тестах предъявлялся однократно, интервал между сигналами — 5 с. Пять тестовых последовательностей содержали фразы детей: четыре теста включали речевой материал для каждой из возрастных групп (5–7 л, 8–9 л, 10–11 л, 12–14 л), один тест включал речевой материал детей 5–14 л. Тестовые последовательности, содержащие слова детей, организованы аналогично.

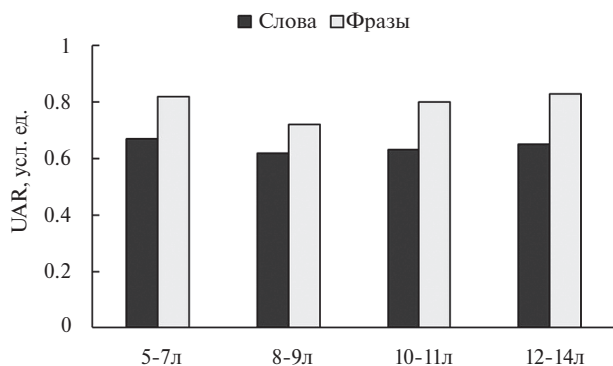
Проведен перцептивный эксперимент, в котором приняли участие взрослые носители русского языка (аудиторы;  $n = 206$ ;  $25 \pm 4.5$  лет; мужчин 99, женщин 107; с опытом взаимодействия с детьми — 139 взрослых, без опыта 67). Перед аудиторами стояла задача на основе слухового восприятия определить психоневрологическое состояние детей: типичное—атипичное развитие.

Инструментальный анализ речевых сигналов детей, правильно классифицированных аудиторами, проводили в программе "Cool Edit Pro 2.0". Анализ включал определение длительности фразы, длительности пауз, скорости речи (количество слогов в секунду). Во фразе выделяли слово, на которое падает смысловое ударение во фразе. Для выделенного слова определяли длительность, длительность ударных и безударных гласных, значение ЧОТ по слову и по гласным.

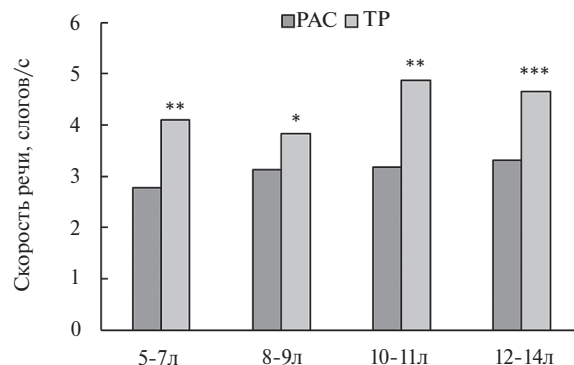
Статистическую обработку данных проводили в программе "STATISTICA 10".

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ

В перцептивном эксперименте аудиторы прослушивали тесты, содержащие слова детей, и тесты, содержащие фразы детей. В тестах, содержащих слова детей, аудиторы отнесли к категории «атипичное развитие» 46.8% сигналов детей с РАС, к категории «типичное развитие» — 81% сигналов ТР детей. В тестах, содержащих фразы детей, аудиторы отнесли к категории «атипичное развитие» 65.3% сигналов детей с РАС; к категории «типичное развитие» — 92.8% сигналов ТР детей. Аудиторы мужского пола лучше распознают состояние детей с РАС, чем аудиторы женского пола ( $p < 0.01$ ), значимых различий в распознавании состояния ТР детей не выявлено. Значимых



**Рис. 1.** Средняя полнота распознавания психоневрологического состояния детей аудиторами.



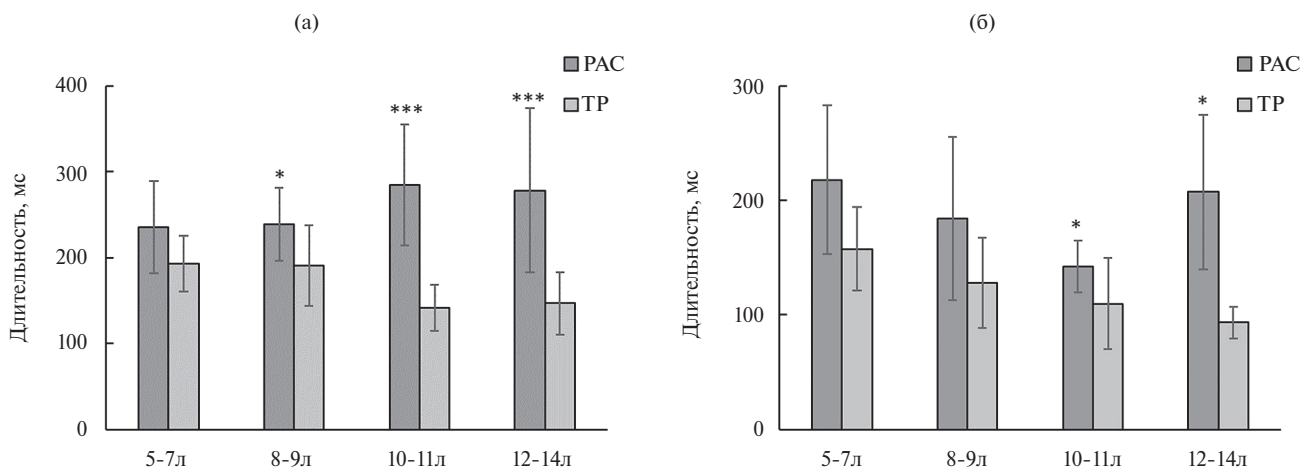
**Рис. 2.** Скорость речи во фразах детей с РАС и ТР детей; \* —  $p < 0.05$ ; \*\* —  $p < 0.01$ ; \*\*\* —  $p < 0.001$  — критерий Манна—Уитни.

различий в классификации состояния детей аудиторами, имеющими опыт взаимодействия с детьми, и аудиторами без такового, не выявлено.

Аудиторы лучше распознают психоневрологическое состояние детей в тестах, содержащих фразы, чем в тестах, содержащих слова детей: средняя полнота распознавания (UAR) для тестов, содержащих слова детей, — 0.64; средняя полнота для тестов, содержащих фразы детей, — 0.79. Лучше всего аудиторы распознают состояние детей 5–7 и 12–14 лет. Значения средней полноты были максимальными в тестах на определение состояния детей в возрасте 5–7 (0.67 — слова; 0.82 — фразы) и 12–14 лет (0.65 — слова; 0.83 — фразы). Минимальные значения средней полноты были в тестах на определение состояния детей 8–9 лет: 0.62 — слова; 0.72 — фразы (рис. 1).

Длительность фраз, слов, пауз между словами не различается у детей с РАС и ТР детей. Фразы детей с РАС характеризуются меньшим числом слов (5–7 лет —  $p < 0.001$ ; 8–9, 10–11 лет —  $p < 0.01$ ; 12–14 лет —  $p < 0.05$  — критерий Манна—Уитни) и более низкой скоростью речи (5–7 лет —  $p < 0.01$ ; 8–9 лет —  $p < 0.05$ ; 10–11 лет —  $p < 0.01$ ; 12–14 лет —  $p < 0.001$ ) по сравнению с фразами ТР детей (рис. 2).

Ударные гласные детей с РАС 8–9, 10–11 и 12–14 лет имеют большую длительность ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.001$ ;  $p < 0.001$  — соответственно) по сравнению с гласными ТР детей (рис. 3а). Безударные гласные детей с РАС 10–11 и 12–14 лет имеют большую длительность ( $p < 0.05$ ) по сравнению с гласными ТР детей (рис. 3б).



**Рис. 3.** Длительность (а) — ударных и (б) — безударных гласных из фраз детей с РАС и ТР детей; \* —  $p < 0.05$ ; \*\*\* —  $p < 0.001$  — критерий Манна—Уитни.

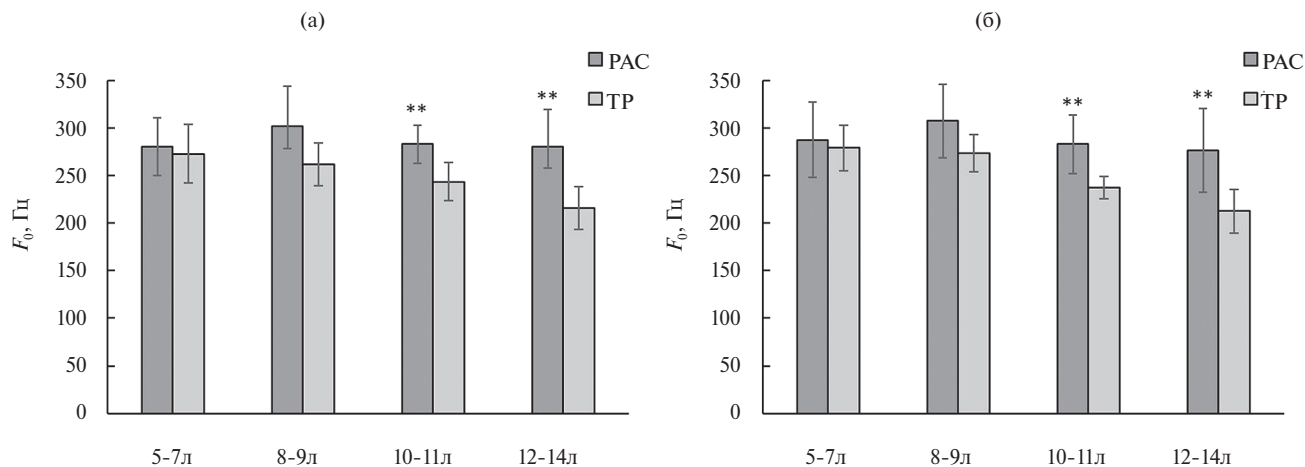


Рис. 4. Значения ЧОТ (а) — по фразе и (б) — слову у детей с РАС и ТР детей; \*\* —  $p < 0.01$  — критерий Манна—Уитни.

У детей с РАС в возрасте 10–11 и 12–14 лет значения ЧОТ по фразе и по слову выше ( $p < 0.01$ ), чем у ТР детей (рис. 4).

Значения ЧОТ ударных гласных у детей с РАС в возрасте 8–9, 10–11 и 12–14 лет выше ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.05$ ;  $p < 0.001$  — соответственно), чем у ТР детей (рис. 5а). Значения ЧОТ безударных гласных у детей с РАС в возрасте 8–9 и 10–11 лет выше ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$  — соответственно), чем у ТР детей (рис. 5б).

Речевой материал детей с РАС, классифицированный аудитором как принадлежащий детям с типичным развитием, характеризуется более высокими значениями ЧОТ по слову и фразе ( $p < 0.05$ ) и более высокими значениями длительности ударного гласного ( $p < 0.01$ ) по сравнению с речевым материалом ТР детей; более низкими значениями длительности ударных гласных по

сравнению с речевым материалом детей с РАС, правильно классифицированном аудитором ( $p < 0.01$ ).

На основании корреляционного анализа (по Спирмену,  $p < 0.05$ ) показаны связи между отношением речевых сигналов детей к категории «атипичное развитие» и:

1. количеством слов во фразе ( $r = -0.47$ );
2. скоростью речи ( $-0.5$ );
3. длительностью фразы ( $-0.35$ );
4. длительностью ударного (0.47), безударного (0.24) гласного, длительностью пауз (0.18);
5. значениями ЧОТ по фразе (0.39), по слову (0.36), по ударному гласному (0.3);
6. максимальными значениями ЧОТ по фразе (0.46), по слову (0.45), по ударному гласному (0.3), диапазоном ЧОТ по фразе (0.42).

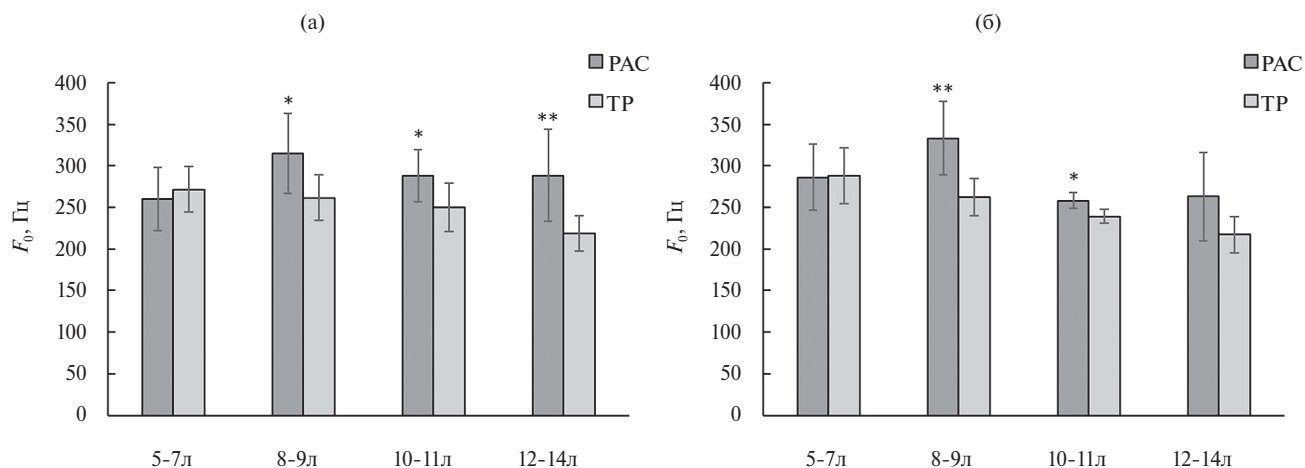


Рис. 5. Значения ЧОТ (а) — ударных и (б) — безударных гласных из фраз детей с РАС и ТР детей. \* —  $p < 0.05$ ; \*\* —  $p < 0.01$  — критерий Манна—Уитни.

На основании данных регрессионного анализа показана связь между отнесением речевых сигналов к категории «атипичное развитие» и:

1. скоростью речи  $F(6, 113) = 8.3045, p < 0.0000$  ( $R^2 = 0.269, \beta = -0.552$ );
2. максимальными значениями ЧОТ по фразе  $F(7, 112) = 7.7005, p < 0.0000$  ( $R^2 = 0.283, \beta = 0.548$ );
3. минимальными значениями ЧОТ по фразе  $F(7, 112) = 7.7005, p < 0.0000$  ( $R^2 = 0.83, \beta = -0.472$ );
4. диапазоном ЧОТ ударного гласного  $F(6, 79) = 8.7813, p < 0.0000$  ( $R^2 = 0.355, \beta = 0.477$ );
5. длительностью безударного гласного  $F(6, 79) = 8.7813, p < 0.0000$  ( $R^2 = 0.355, \beta = 0.267$ ).

### 3. ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенное исследование показало способность взрослых правильно классифицировать психоневрологическое состояние детей по речевым сигналам. Состояние ТР детей взрослые определяют лучше, чем состояние детей с РАС. Возраст детей с РАС не влияет на распознавание их состояния взрослыми, однако влияет организация тестового материала: состояние детей аудиторы лучше распознают по фразам, чем по отдельным словам. Полученные данные согласуются с результатами исследований, проведенных на речевом материале детей с РАС в возрасте 11–12 лет [10].

Речевой материал детей с РАС, классифицированный аудитором как принадлежащий детям с атипичным развитием, характеризуется высокими значениями ЧОТ и ее вариативности по фразе, слову, ударному гласному, низкой скоростью речи. Эти акустические характеристики являются отличительными особенностями речи детей с РАС [11, 14, 31, 35]. Речевой материал детей с РАС, классифицированный как принадлежащий детям с типичным развитием, также имеет отличия как от речевых сигналов ТР детей, так и от сигналов детей с РАС, правильно распознанных аудитором. В частности, это отличия в длительности ударных гласных и значениях ЧОТ по слову и фразе.

Аудиторы относили к категории «атипичное развитие» также речевые сигналы детей с РАС с небольшим числом слов во фразе. Это может говорить о том, что аудиторы при распознавании психоневрологического состояния ребенка опираются не только на характеристики его голоса, но и на грамматическую структуру высказывания.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе получены данные о распознавании взрослыми на основе слухового восприятия психоневрологического состояния детей с РАС и акустических характеристиках, влияющих на отнесение аудиторами речевых сигналов детей к категории «атипичное развитие».

Вероятность распознавания аудиторами психоневрологического состояния детей выше при прослушивании тестового материала, содержащего фразы детей, по сравнению с тестовым материалом, содержащим отдельные слова. Речевые сигналы детей с РАС, правильно классифицированные аудиторами, характеризуются более низкой по сравнению с речевыми сигналами ТР детей скоростью речи, меньшим количеством слов во фразах, большей длительностью ударных и безударных гласных, более высокими значениями ЧОТ по фразе, слову, ударному и безударному гласному, более широким диапазоном ЧОТ ударного гласного.

В настоящее время разрабатываются приложения для поддержки людей с атипичным развитием, их социализации и обучения, например, [41]. Создание таких приложений требует определения в первую очередь психоневрологического состояния людей с целью дальнейшего распознавания их эмоционального состояния с учетом диагноза и статуса. Полученные в работе данные о возможности распознавания взрослыми психоневрологического состояния детей с РАС, выделенные акустические характеристики речи детей, на которые опираются аудиторы, могут быть учтены при разработке автоматических систем распознавания речи.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 22-45-02007).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сорокин В.Н., Макаров И.С. Определение пола диктора по голосу // Акуст. журн. 2008. Т. 54. № 4. С. 659–668.
2. Goy H., Pichora-Fuller M.K., van Lieshout P. Effects of age on speech and voice quality ratings // J. Acoust. Soc. Am. 2016. V. 139. № 4. P. 1648.
3. Bruckert L., Liénard J.S., Lacroix A., Kreutzer M., Leboucher G. Women use voice parameters to assess men's characteristics // Proc. R. Soc. B: Biol. Sci. 2006. V. 273. P. 83–89.

4. *Perrachione T.K., Chiao J.Y., Wong P.C.M.* Asymmetric cultural effects on perceptual expertise underlie an own-race bias for voices // *Cognition*. 2010. V. 114. P. 42–55.
5. *Jones H.N., Crisp K.D., Kuchibhatla M., Mahler L., Risoli Th. Jr., Jones C.W., Kishnani P.* Auditory-perceptual speech features in children with Down syndrome // *Am. J. Intellect. Dev. Disabil.* 2019. V. 124. № 4. P. 324–338.
6. *Kent R.D.* Perceptual sensorimotor speech examination for motor speech disorders // *Clinical management of sensorimotor speech disorders*. Thieme. 2009. P. 19–29.
7. *O'Leary D., Lee A., O'Toole C., Gibbon F.* Perceptual and acoustic evaluation of speech production in Down syndrome: A case series // *Clin. Linguist. Phon.* 2020. V. 34. № 1–2. P. 72–91.
8. *Verkhodanova V., Trckova D., Coler M., Lowie W.* More than words: Cross-linguistic exploration of Parkinson's disease identification from speech // *Lect. Notes Comput. Sci.* 2020. V. 12335. P. 613–623.
9. *Ляксо Е.Е., Фролова О.В., Николаев А.С., Григорьев А.С.* Перцептивный анализ взрослыми речи детей с расстройствами аутистического спектра, синдром Дауна, умственной отсталостью // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова*. 2021. Т. 11. № 107. С. 1395–1407.
10. *Frolova O., Gorodnyi V., Nikolaev A., Grigorev A., Grechanyi S., Lyakso E.* Developmental disorders manifestation in the characteristics of the child's Voice and speech: Perceptual and acoustic study // *Lect. Notes Comput. Sci.* 2019. V. 11658. P. 103–112.
11. *Redford M.A., Kapatsinski V., Cornell-Fabiano J.* Lay Listener Classification and Evaluation of Typical and Atypical Children's Speech // *Lang. Speech*. 2018. V. 61. № 2. P. 277–302.
12. *Ляксо Е.Е., Фролова О.В., Гречаный С.В., Матвеев Ю.Н., Верхояк О.В., Карнов А.А.* Голосовой портрет ребенка с типичным и атипичным развитием. СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2020.
13. *Diehl J., Paul R.* Acoustic and perceptual measurements of prosody production on the profiling elements of prosodic systems by children with autism spectrum disorders // *Appl. Psycholinguist.* 2013. V. 34. № 1. P. 135–161.
14. *Bonneh Y.S., Levanov Y., Dean-Pardo O., Lossos L., Adini Y.* Abnormal speech spectrum and increased pitch variability in young autistic children // *Front. Hum. Neurosci.* 2011. V. 4. № 237. P. 1–7.
15. *Lyakso E.E., Frolova O.V.* Early development indicators predict speech features of autistic children // *ICMI '20 Companion: Companion Publication of the 2020 Int. Conf. on Multimodal Interaction*. 2020. P. 514–521.
16. *Wolk L., Brennan C.* Phonological difficulties in children with autism: an overview // *Speech, Lang. Hear.* 2016. V. 19. № 2. P. 121–129.
17. *Wing L.* The Definition and Prevalence of Autism: A Review // *Eur. Child Adolesc. Psychiatry*. 1993. V. 2. № 1. P. 61–74.
18. *Ляксо Е.Е., Фролова О.В., Григорьев А.С., Соколова В.Д., Яроцкая К.А.* Распознавание взрослыми эмоционального состояния типично развивающихся детей и детей с расстройствами аутистического спектра // *Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова*. 2016. V. 6. № 102. С. 729–741.
19. *Watson L.R., Patten E., Baranek G.T., Poe M., Boyd B.A., Freuler A., Lorenzi J.* Differential associations between sensory response patterns and language, social, and communication measures in children with autism or other developmental disabilities // *J. Speech Lang. Hear. Res.* 2011. V. 54. № 6. P. 1562–76.
20. *Grossman R.B., Edelson L.R., Tager-Flusberg H.* Emotional facial and vocal expressions during story retelling by children and adolescents with high-functioning autism // *J. Speech Lang. Hear. Res.* 2013. V. 56. № 3. P. 1035–1044.
21. *Rapin I., Dunn M.A., Allen D.A., Stevens M.C., Fein D.* Subtypes of language disorders in school-age children with autism // *Dev. Neuropsychol.* 2009. V. 34. № 1. P. 66–84.
22. *Tek S., Mesite L., Fein D., Naigles L.* Longitudinal analyses of expressive language development reveal two distinct language profiles among young children with autism spectrum disorders // *J. Autism Dev. Disord.* 2014. V. 44. № 1. P. 75–89.
23. *Boorse J., Cola M., Plate S., Yankowitz L., Pandey J., Schultz R.T., Parish-Morris J.* Linguistic markers of autism in girls: evidence of a "blended phenotype" during storytelling // *Mol. Autism*. 2019. V. 10. P. 14.

24. *Boucher J.* Research review: structural language in autistic spectrum disorder – characteristics and causes // *J. Child Psychol. Psychiatry.* 2012. V. 53. № 3. P. 219–233.
25. *Mazzaggio G., Shield A.* The Production of Pronouns and Verb Inflections by Italian Children with ASD: A New Dataset in a Null Subject Language // *J. Autism Dev. Disord.* 2020. V. 50. P. 1425–1433.
26. *Terzi A., Marinis T., Zafeiri A., Francis K.* Subject and Object Pronouns in High-Functioning Children with ASD of a Null-Subject Language // *Front. Psychol.* 2019. V. 10. P. 1301.
27. *Cleland J., Gibbon F.E., Peppé S.J., O'Hare A., Rutherford M.* Phonetic and phonological errors in children with high functioning autism and Asperger syndrome // *Int. J. Speech-Lang. Pathol.* 2010. V. 1. № 1. P. 69–76.
28. *Kanner L.* Autistic Disturbances of Affective Contact // *Nervous Child.* 1943. V. 2. P. 217–250.
29. *Вольф Д.А., Мещеряков Р.В.* Модель процесса сингулярного оценивания частоты основного тона речевого сигнала // *Акуст. журн.* 2016. Т. 62, № 2. С. 216–226.
30. *Filipe M.G., Frota S., Castro S.L., Vicente S.G.* Atypical prosody in Asperger syndrome: perceptual and acoustic measurements // *J. Autism Dev. Disord.* 2014. V. 44. № 8. P. 1972–1981.
31. *Lyakso E., Frolova O., Grigorev A.* Perception and acoustic features of speech of children with autism spectrum disorders // *Lecture Notes in Computer Science.* 2017. V. 10458. P. 602–612.
32. *Sharda M., Subhadra T.P., Sahaya S., Nagaraja Ch., Singh L., Mishra R., Sen A., Singhal N., Erickson D., Singh N.* Sounds of melody – Pitch patterns of speech in autism // *Neurosci. Lett.* 2010. V. 478. № 1. P. 42–45.
33. *Shriberg L.S., Paul Rh., Black L.M., van Santenc J.P.* The Hypothesis of apraxia of speech in children with autism spectrum disorder // *J. Autism Dev. Disord.* 2011. V. 41. № 4. P. 405–426.
34. *Paul R., Augustyn A., Klin A., Volkmar F.* Perception and production of prosody by speakers with autism spectrum disorders // *J. Autism Dev. Disord.* 2005. V. 35. P. 205–220.
35. *Patel S.P., Nayar K., Martin G.E., Franich K., Crawford S., Diehl J.J., Losh M.* An Acoustic Characterization of Prosodic Differences in Autism Spectrum Disorder and First-Degree Relatives // *J. Autism Dev. Disord.* 2020. V. 50. № 8. P. 3032–3045.
36. *Lyakso E., Frolova O., Nikolaev A.* Voice and speech features as diagnostic symptom // *Psychological Applications and Trends.* 2021. P. 259–363.
37. *Lyakso E., Frolova O., Kleshnev E., Ruban N., Mekala M., Arulalan K.V.* Approbation of the Child's Emotional Development Method (CEDM) // *ICMI '22 Companion: Companion Publication of the 2022 Int. Conf. on Multimodal Interaction.* 2022. P. 201–210.
38. *Lyakso E., Frolova O., Karpov A.* A New Method for Collection and Annotation of Speech Data of Atypically Developing Children // *Proc. 2018 Int. Conf. on Sensor Networks and Signal Processing. SNSP 2018.* 2019. P. 175–180.
39. *Schopler E., Reichler R.J., DeVellis R.F., Daly K.* Toward objective classification of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale (CARS) // *J. Autism Dev. Disord.* 1980. V. 10. № 1. P. 91–103.
40. *Nicholas J.S., Charles J.M., Carpenter L.A., King L.B., Jenner W., Spratt E.G.* Prevalence and characteristics of children with autism spectrum disorders // *Ann. Epidemiol.* 2008. V. 18. № 2. P. 130–136.
41. *Frauenberger C., Good J., Pares N.* Autism and technology: Beyond assistance & intervention // *Proc. of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.* 2016. P. 3373–3378.

## RECOGNITION OF PSYCHONEUROLOGICAL STATE OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER BY FEATURES OF SPEECH: ACOUSTIC AND PERCEPTUAL FEATURES

A. S. Nikolaev<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*

*\*e-mail: al.nikolajew@gmail.com*

The work is devoted to studying of recognition of psychoneurological state of children aged 5–14 with autism spectrum disorder (ASD),  $n = 35$ , and typically developing (TD) children,  $n = 45$ , by adults. A perceptual analysis was carried out, in which adult native speakers of the Russian language (auditors),  $n = 206$ , took part. Test sequences (audiotests) with words and phrases of ASD and TD children selected from spontaneous speech recordings were created for perceptual research. Auditors' task was to determine psychoneurological state of children (typical/atypical development) based on auditory perception. A spectrographic analysis of phrases of children was carried out. Phrases of ASD children in comparison with TD children are characterized by lower speech rate, fewer words, great stressed and unstressed vowel duration, great values of pitch in phrase, word, stressed and unstressed vowel.

*Keywords:* child speech, autism spectrum disorder, perceptual analysis, speech recognition, acoustic analysis