

# Биотехническая система для выявления рассеянного склероза по основным признакам

А. Е. Гапаненок

*Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

19981939S@mail.ru

К. Н. Болсунов

*Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

bolsunov\_k@mail.ru

**Аннотация.** На данный момент одной из наиболее весомых проблем медицины, с социальной и экономической точки зрения, является проблема довольно широкого распространения хронических прогрессирующих заболеваний центральной нервной системы (ЦНС). Одно из первых мест среди таких заболеваний занимает рассеянный склероз (РС), который не редко наблюдается не только в пожилом, но уже и в молодом возрасте, приводя не только к инвалидизации, но и полной потери способности к самообслуживанию. Данное заболевание не излечимо, но вполне возможно замедлить его развитие и прогрессирование с помощью лекарственных средств, а для этого необходимо выявить его наличие на раннем этапе. Для этого необходимо внедрение современных инструментальных методов раннего выявления данного заболевания. В данной работе отображены достоверно значимые изменения показателей сенсорного восприятия, характеризующие ранние стадии развития процесса демиелинизации нервных волокон, обуславливающего возникновение рассеянного склероза, а также структура биотехнической системы, позволяющей эффективно реализовать предложенную биотехническую методику диагностического назначения.

**Ключевые слова:** *рассеянный склероз, ранняя диагностика, структура биотехнической системы, сенсорное восприятие, моторные функции*

## I. ВВЕДЕНИЕ

На данный момент одной из самых распространённых групп заболеваний являются заболевания центральной нервной системы (ЦНС). ЦНС – это сложная структура, пронизывающая все органы и ткани нашего тела, поэтому все заболевания, связанные с ней, являются одними из самых сложных и трудно поддающихся лечению.

Среди заболеваний этой группы наиболее часто встречается сложное хроническое демиелинизирующее и прогрессирующее заболевание – рассеянный склероз (РС).

РС делится на несколько типов: ремиттирующий рассеянный склероз (РРС) – тип течения РС, характеризующийся наличием обострений, между которыми не отмечается прогрессирование инвалидизации. В период ремиссии могут иметься признаки стойкого неврологического дефицита; вторично-прогрессирующий рассеянный склероз (ВПРС) – тип течения РС, возникающий после периода ремиттирующего РС и характеризующийся наличием подтвержденного прогрессирования инвалидизации, независимого от обострений [5]. При данной форме РС могут сохраняться типичные обострения заболевания,

между которыми наблюдается подтвержденное прогрессирование РС; первично-прогрессирующий РС (ППРС) – тип течения РС, характеризующийся подтвержденным прогрессированием инвалидизации с момента появления первых симптомов заболевания, с возможными периодами стабилизации состояния, во время которых не происходит нарастания неврологического дефицита. Достаточным считается непрерывное нарастание симптомов в течение 1 года, для диагностики используется специальный раздел критериев МакДональда 2017 года [5]. При данной форме могут наблюдаться типичные обострения заболевания, между которыми имеется подтвержденное прогрессирование инвалидизации, однако заболевание дебютирует не с обострений, а с прогрессирования [5]. У детей и подростков с РС практически всегда наблюдается РРС, иногда с активным началом по типу острого рассеянного энцефаломиелита (ОРЭМ), с переходом в ВПРС. ППРС при начале РС в возрасте до 16 лет встречается крайне редко, такие случаи всегда нуждаются в тщательном уточнении диагноза [5].

С 2013 года внедряется новая классификация типов течения заболевания, в рамках которой выделяют неактивный РС (без обострений и без признаков активности РС по данным МРТ), активный РС (наличие обострений или признаков активности РС по данным МРТ), РС с прогрессированием и РС без прогрессирования [9]. Постепенный переход на данную классификацию представляется целесообразным, однако, существенно затрудняет использование ПИТРС, содержащих в инструкциях по применению в разделе «показания» ремиттирующий, вторично-прогрессирующий и первично-прогрессирующий РС [4].

С учётом особенностей течения выделяют особые формы РС: злокачественный РС (болезнь Марбурга); быстро прогрессирующий рассеянный склероз; высокоактивный рассеянный склероз (ВАРС).

Имеется полигенная наследственная предрасположенность к РС. В настоящее время выделено более 200 генетических факторов, формирующих эту предрасположенность. Реализация предрасположенности происходит при участии внешних факторов, среди которых на первом месте рассматриваются вирусные инфекции (особенно ретровирусы и вирус Эпштейн - Барр), недостаток витамина Д, раннее начало курения, изменения микробиома кишечника и другие факторы [2].

Продуцируемые Т- и В-клетками системно и локально в ткани провоспалительные цитокины вызывают активацию аутореактивных Т-лимфоцитов, приводят к аутоиммунному воспалительному

поражению ткани ЦНС. Уже на ранних стадиях заболевания отмечаются нейродегенеративные изменения. Активация клонов сенсibilизированных клеток наряду с недостатком противовоспалительной, регуляторной систем, способствует хронизации процесса. Вторично активированные макрофаги и микроглия также секретируют провоспалительные цитокины [3].

По распространенности среди неврологических заболеваний РС занимает четвертое место после инсультов, эпилепсии и паркинсонизма, а в молодом возрасте – второе место после эпилепсии [1]. Распознать его наступление довольно сложно, так как рассеянный склероз характеризуется наличием рассеянных по всей центральной нервной системе без определённой локализации очагов, то есть замены нормальной нервной ткани на соединительную, в связи с чем имеет большое количество разнообразных клинических симптомов.

Мы выделили наиболее значимый, на наш взгляд, комплекс симптомов, связанных с поражением черепных нервов, а также двигательными и координационными нарушениями для ранней диагностики РС при помощи предлагаемой биотехнической системы, осуществляющей их комплексную оценку.

## II. ОСНОВНЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ РС

Рассеянный склероз представляет собой воспалительное демиелинизирующее заболевание, которое является результатом аутоиммунного разрушения миелина – жировой оболочки, покрывающей нервные клетки головного и спинного мозга. Это нарушает проходимость электрических импульсов, направляемых по нервам в другие части тела, и приводит к образованию рубцов (склеротических изменений, или бляшек) (рис. 1) [1].

Группа симптомов наиболее часто отмечающихся у большинства больных – это симптомы, связанные с поражением черепных нервов. Наиболее часто наблюдается поражение глазодвигательного, тройничного, отводящего и лицевого нервов, несколько реже – бульбарной группы нервов.

Наиболее частым проявлением поражения бульбарной группы нервов является односторонний оптический неврит (зачастую при ретробульбарной локализации очага – ретробульбарный неврит), часто в сочетании с болью при движении глазного яблока и снижением остроты зрения или появление скотом, длящимся от 2 до 4 недель; менее характерным является двусторонний оптический неврит без боли или с постоянной болью, полная и стойкая утрата зрения, отёк диска зрительного нерва и другие изменения на глазном дне. [3, 4].

Также не менее сильно РС поражает мозжечок и его пути. Проявляется это в виде статической и динамической мозжечковой атаксии, то есть неустойчивости при ходьбе, дисметрии и мимопадании в координационных пробах, мегалографии, асинергии, интенционное дрожание, мозжечковая дизартрия (скандированная речь) [2].

В случае поражения ствола головного мозга наблюдаются межъядерная офтальмоплегия, нистагм (центральный), парез отводящего нерва, гипестезия половины лица; менее характерны: снижение слуха,

когда очаги демиелинизации локализуются в самом слуховом нерве, в области ядер VIII пары черепных нервов в ромбовидной ямке, в нижних холмах четверохолмия и медиальных колленчатых телах. В таком случае характерна двусторонняя высокочастотная (в диапазоне 4–8 кГц) нейросенсорная тугоухость с повышением порогов восприятия ультразвука [5], невралгия тройничного нерва, центральный или периферический парез лицевого нерва [2].

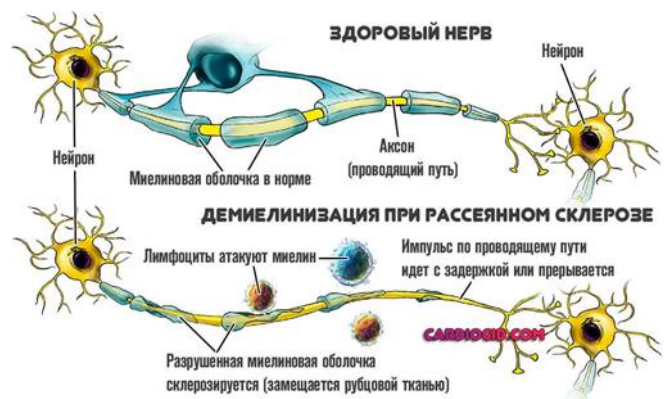


Рис. 1. Демиелинизация при рассеянном склерозе

## III. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ РС

Для своевременного определения рассеянного склероза у пациента необходима комплексная оценка основных признаков заболевания.

### A. Существующие методы диагностики РС

Сейчас в медицине существует два основных инструментальных метода для диагностики выявления РС это – МРТ головного и спинного мозга, до и после внутривенного контрастирования и исследование вызванных потенциалов (зрительных, слуховых и соматосенсорных).

В настоящее время МРТ-исследование является ведущим методом, который подтверждает диагноз рассеянного склероза, позволяя обнаружить очаги демиелинизации. МРТ также используется для оценки состояния в динамике, скорости прогрессирования заболевания. С целью определения активности воспалительного процесса проводится МРТ с внутривенным контрастированием.

Основным параклиническим методом диагностики РС является магниторезонансная томография головного и спинного мозга.

Важным при установлении диагноза РС является проведение офтальмологического исследования с целью определения характерных признаков поражения органа зрения.

### B. Биотехническая система для выявления РС с тремя видами диагностики (тремя тестами)

При разработке биотехнической системы было принято решение руководствоваться тем, что при РС в первую очередь страдают зрение, слух и моторно-двигательные функции организма. Поэтому в систему входят три типа тестирования: зрительный тест (визоконтрастометрия), слуховой (тональная аудиометрия) и для оценки моторных функций используется зрительномоторный тест. После

прохождения все трех видов тестирования их результаты будут обрабатываться и будет дана комплексная оценка.

Для оценки сохранности зрительных функций будет использован такой метод как компьютерная визоконтрастометрия. Данный метод объединяет большую группу практических методик и технических средств измерения пространственных модуляционных передаточных функций зрительной системы человека и позволяет провести анализ пространственно-частотной полосы пропускания, как всей зрительной системы, так и ее отдельных частей, представить характер информации, передаваемой по отдельным каналам в системе глаз-мозг, косвенным путем установить качество восприятия изображений нормальной и патологически измененной зрительной системы [4]. Данные исследования могут проводиться как бинокулярно, так и монокулярно – отдельно для левого и правого глаза.

Для оценки сохранности характеристик слухового анализатора будет использоваться тональная пороговая аудиометрия с расширенным диапазоном частот. Целесообразно проводить исследования порога слышимости – минимальной интенсивности звука заданной частоты, которую может уловить обследуемый. Данные измерения осуществляются моноаурально последовательно для левого и правого каналов слухового восприятия на частотах: 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10000 Гц.

В качестве метода оценки сохранности моторных функций организма, будет проводиться зрительно-моторный тест, основанный на активно-манипуляторном методе исследования. Для этого реализуется вариант управляющего движения по типу слежения с преследованием. Тестовое задание, предъявляемое испытуемому, заключается в необходимости динамического управления местоположением тест-объекта на экране монитора в соответствии с сформулированным заданием. Траектория и требуемые скорость и допустимая точность перемещения тест-объекта задаются эталонным образцом. Пользователь, управляя специальным манипулятором, имеющим несколько степеней свободы, с помощью доминантной или не доминантной руки, обеспечивает динамику изменения положения тестового объекта в пространстве игровой сцены.

Качество выполнения теста, определяется степенью скоординированности движений верхних конечностей испытуемого (пациента) и оценивается сравнением точности совпадения реальной траектории перемещения тест-объекта с ее эталонным значением (с учетом допустимого диапазона отклонений, установленного заранее).

При наличии хотя бы двух из трех приведенных выше признаков поражения сенсорных систем организма (зрительного и/или слухового анализаторов и/или моторных функций организма) необходима консультация невролога и проведение магниторезонансной томографии головного мозга.

### С. Структура БТС для выявления РС

Разрабатываемая биотехническая система состоит из трех блоков: блок для проведения визоконтрастометрии, для проведения тональной пороговой аудиометрии и блок для оценки сохранности моторных функций.

В первом блоке будут использованы следующие технические средства воздействия: видео и аудио, во втором технические средства регистрации ответной реакции, а в третьем технические средства изучения тактильной чувствительности.



Рис. 2. Структура биотехнической системы для выявления рассеянного склероза по изменениям основных показателей сенсорного восприятия

Также в системе существует два дополнительных модуля: модуль проверки монитора (для визоконтрастометрических исследований и модуль для проверки акустических стимулов.

Для лучшего качества визоконтрастометрического исследования предполагается использовать специальный монитор на ЭЛТ.

## IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность выявления рассеянного склероза на ранних стадиях его возникновения может быть повышена за счет комплексной оценки сенсорных (зрительных, слуховых и моторных) характеристик пациента в рамках функционирования специализированной биотехнической измерительно-вычислительной системы. В качестве методов исследования, реализуемых в рамках функционирования подобной системы целесообразно комплексное использование визоконтрастометрических, тональных пороговых аудиометрических и специализированных зрительно-моторных тестов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/multiple-sclerosis> (дата обращения: 04.03.26)
- [2] Ульянова О.В. Молодой учёный.// Рассеянный склероз – актуальная неврологическая проблема XXI века. 2016г. № 15 (119). 34-42-с. URL: [file:///C:/Users/5270\\_1/Downloads/moluch\\_119\\_ch6\\_1.pdf](file:///C:/Users/5270_1/Downloads/moluch_119_ch6_1.pdf)
- [3] ПРОБОЛЕЗНИ. URL: <https://probolezny.ru/rasseyanny-skleroz/> (дата обращения: 04.03.26)
- [4] Бофанова Н.С., Ермолаева А.И., Баранова Г.А. Рассеянный склероз: учебное пособие. Пенза. 2017г..70 с. URL: [https://dep\\_ninh.pnzgu.ru/files/dep\\_ninh.pnzgu.ru/rasseyanny\\_skleroz\\_2017\\_up.pdf](https://dep_ninh.pnzgu.ru/files/dep_ninh.pnzgu.ru/rasseyanny_skleroz_2017_up.pdf)
- [5] Завалишин И.А., Захарова М.Н., Алексеева Н.С., Аскарлова Л.Ш., Джамантаева Б.Д. // Атмосфера. Нервные болезни. 2005г., вып.№1. С. 44-47. URL: [file:///C:/Users/5270\\_1/Downloads/ostroe-narushenie-sluha-pri-rasseyannom](file:///C:/Users/5270_1/Downloads/ostroe-narushenie-sluha-pri-rasseyannom)