https://doi.org/10.34883/PI.2026.17.3.017
УДК 616.89-008.411.13-073.97

Григорьева И.В.[1] ✉, Бранцевич П.Ю.[1, 2], Королевич П.П.[1]
[1] Республиканский научно-практический центр психического здоровья, Минск, Беларусь
[2] Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

Определение информативно значимых параметров электроэнцефалограмм для оценки состояния лиц с зависимостью от алкоголя

Конфликт интересов: не заявлен.
Вклад авторов: постановка задачи исследования, написание текста и редактирование текста – Григорьева И. В.; цифровая обработка сигналов электроэнцефалограмм, написание текста – Бранцевич П. Ю.; регистрация и первичная обработка сигналов электроэнцефалограмм – Королевич П.П.
Статья представлена в авторской редакции.

Подана: 09.07.2026
Принята: 19.08.2026
Контакты: inessgrig@mail.ru

Резюме

Цель. Определение информативно-значимых признаков для цифровых сигналов электроэнцефалограмм отражающих фактическое состояние нейронной сети зависимых от алкоголя лиц, которые позволяют объективизировать оценку действенности применяемых лечебных методов.
Материалы и методы. Для группы лиц с зависимостью от алкоголя, на начальном этапе лечения проведена запись ЭЭГ. Зарегистрированные цифровые сигналы ЭЭГ сохранены в специальной базе данных. Для обработки, преобразования, исследования параметров и характеристик цифровых сигналов ЭЭГ использовано специальное программное средство анализа длинных реализаций цифровых сигналов, выполняющее спектральный анализ, полосовой спектральный анализ, цифровую фильтрацию, построение трендов параметров ЭЭГ. На данном этапе обследованы 44 пациента, 27 женщин и 17 мужчин в возрастном диапазоне от 29 до 59 лет.
Результаты. На основе анализа полученных данных выявлены четыре основных кластера ЭЭГ, различающиеся по форме своих нормированных узкополосовых спектров с преобладанием, соответственно, альфа ритма (1 кластер); бета ритма (2 кластер); дельта ритма (3 кластер); тета ритма (4 кластер), к которым можно отнести данные обследований. Показано, что составляющие сигналов ЭЭГ в узких частотных полосах представляют собой гармоники определенной интенсивности, модулированные по амплитуде.
Заключение. Экспериментальные исследования показывают, что сложный сигнал ЭЭГ декомпозируется в виде суммы узкополосных по частоте сигналов, являющихся модулированными гармониками разной частоты. Нормированные значения интенсивностей сигналов ЭЭГ в ряде таких частотных полос использованы в качестве информативно-значимых параметров для кластеризации сигналов ЭЭГ. Проведенные исследования ЭЭГ группы из 44 пациентов с синдромом зависимости от алкоголя на начальной

стадии лечения показали, что у более половины из них альфа ритм является преобладающим, что несколько расходится с данными ранее опубликованных работ.
Ключевые слова: алкоголь, зависимость, электроэнцефалограмма, цифровой сигнал, спектр, модулированная гармоника, кластеризация

Grigorieva I.[1] ✉, Brancevich P.[1, 2], Korolevich P.[1]
[1] Republican Scientific and Practical Center for Mental Health, Minsk, Belarus
[2] Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

Dependence Determining Informatively Significant Parameters of Electroencephalograms for Assessing the Condition of Individuals with Alcohol Dependence

Conflict of interest: nothing to declare.
Authors' contribution: formulation of the research objective, drafting and editing of the text – I. Grigoryeva; digital processing of electroencephalogram signals, drafting of the text – P. Brantsevich; recording and initial processing of electroencephalogram signals – P. Korolevich.
The article is published in author's edition.

Submitted: 07.06.2026
Accepted: 19.08.2026
Contacts: inessgrig@mail.ru

Abstract

Purpose. Determination of informative and significant features for digital signals of electroencephalograms reflecting the actual state of the neural network of alcohol-dependent individuals, which allow for an objective assessment of the effectiveness of the treatment methods used.
Materials and methods. EEG recordings were conducted for a group of individuals with alcohol dependence at the initial stage of treatment. The recorded digital EEG signals were stored in a dedicated database. A specialized software tool for analyzing long-running digital signals was used to process, transform, and analyze the parameters and characteristics of digital EEG signals. This software includes spectral analysis, bandpass spectral analysis, digital filtering, and EEG parameter trending. A total of 44 patients, 27 women and 17 men, aged 29 to 59 years, were examined at this stage.
Results. Based on the analysis of the obtained data, four main EEG clusters were identified. They differ in the shape of their normalized narrowband spectra, with a predominance of, respectively, the alpha rhythm (cluster 1); beta rhythm (cluster 2); delta rhythm (cluster 3); and theta rhythm (cluster 4). These clusters can be classified as the study data. It was shown that the components of the EEG signals in narrow frequency bands are harmonics of a certain intensity, modulated in amplitude.
Conclusion. Experimental studies show that a complex EEG signal is decomposed into a sum of narrow-band signals, which are modulated harmonics of different frequencies. Normalized EEG signal intensities in a number of these frequency bands were used as informative parameters for EEG signal clustering. EEG studies conducted on a group of 44 patients with alcohol dependence syndrome at the initial stage of treatment showed

that in more than half of them, the alpha rhythm was predominant, which is somewhat at odds with previously published data.
Keywords: alcohol, addiction, electroencephalogram, digital signal, spectrum, modulated harmonic, clustering

■ ВВЕДЕНИЕ

Избыточное употребление спиртных напитков влияет на демографию, уровень смертности, здоровье нации, экономику и стабильность в обществе. Сегодня эта животрепещущая тема поднимается не только медицинским сообществом, но и государством, так как связь между алкоголем и здоровьем очевидна: чем выше потребление, тем выше риск хронических заболеваний, травматизма, деградации личности и снижения качества жизни [1].

Лечение зависимости от алкоголя актуально во всем мире из-за его масштабов. Это не просто вредная привычка, а хроническое заболевание, которое разрушает физическое здоровье, приводит к тяжелым психическим расстройствам и провоцирует социальные кризисы, включая распад семей и рост преступности.

Существующая двойственная причинно-следственная взаимосвязь между приемом алкоголя и проявлением стресса показывает, что чрезмерный стресс повышает риск связанных с алкоголем проблем, злоупотребление алкоголем в свою очередь вызывает значительный алкогольный дистресс [2].

Определенный дисгармоничный характер межличностных отношений с дефицитом обработки информации при взаимодействии с окружающими у зависимых от алкоголя лиц приводит к нарушению процесса интеграции конструктивных жизнеутверждающих форм [3].

Сложным представляется вылечить зависимость от алкоголя так, чтобы человек снова смог контролировать дозу. Основная цель лечения – формирование стойкой и пожизненной ремиссии. Лечение должно быть всесторонним и включает детоксикацию для снятия абстинентного синдрома, медикаментозную терапию, психотерапию и длительную реабилитацию. Тяжелые формы зависимости требуют стационарного контроля, так как резкий отказ от алкоголя может привести к опасным для жизни состояниям в виде алкогольного делирия. Лечение возможно на любой стадии, но залог успеха – добровольное желание пациента и его готовность изменить образ жизни.

Несмотря на то, что по вопросам алкогольной зависимости уделялось и уделяется много внимания, до настоящего времени недостаточно изучена роль функциональных сдвигов в центральной нервной системе при развитии патологического влечения к алкоголю и психоактивным веществам [4–11].

Также следует отметить, что в последнее время для изучения деятельности нейронной сети головного мозга при опьянении и у людей с алкогольной зависимостью уделялось и уделяется значительное внимание [12–17].

Работа головного мозга, вследствие прохождения электрических импульсов по аксонам нейронов, изменении электрических потенциалов на дендритах и мембране нейрона сопровождается изменением электромагнитного поля на поверхности головы, которое можно зафиксировать специальными первичными преобразователями

и представить в виде изменяющихся параметров тока или напряжения, что и происходит, когда снимают электроэнцефалограмму (ЭЭГ) [18–21].

ЭЭГ – это запись колебаний электрического потенциала с поверхности головы, которые генерирует огромное количество нервных клеток головного мозга при своей работе. Эти потенциалы очень слабые, поэтому требуется специальная аппаратура для их регистрации. Слабые изменения электрических сигналов на поверхности головы человека улавливаются специальными электродами, которые устанавливаются на коже головы. Затем эти сигналы усиливаются, оцифровываются и передаются в память компьютера, откуда затем сохраняются в виде файлов на носителях информации. Стандартной системой размещения электродов на поверхности головы, рекомендованной Международной федерацией электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии, является система «10–20%» [20, 21].

Электроэнцефалограмма регистрирует суммарную электрическую активность головного мозга, отражающую прежде всего возбуждающие и тормозные постсинаптические потенциалы (ВПСП и ТПСП), возникающие на мембранах дендритов и соматических клеток нейронов коры головного мозга.

Основными объектами, определяющими изменение электрического поля в точке установки электрода электроэнцефалографа, являются следующие [22, 23].

1. Пирамидные нейроны. Главные «генераторы» сигнала. Они ориентированы перпендикулярно поверхности коры головного мозга, что позволяет их токам суммироваться, и являться одним из главных факторов изменения электрического поля.
2. Дендриты (особенно апикальные), на мембране которых происходит длительное изменение потенциала (возбуждающее или тормозное).
3. Внеклеточные токи, представляющие собой движение ионов во внеклеточной среде (объемную проводимость), вызванное работой синапсов.
4. Диполи. Когда один конец нейрона (например, верхушка дендрита) деполяризуется, а другой – нет, возникает электрический диполь. Сумма тысяч таких параллельных диполей и находит отражение на ЭЭГ.

Клиническая электроэнцефалография при зависимости от алкоголя – это метод функциональной диагностики, оценивающий электрическую активность мозга для выявления нарушений, вызванных токсическим воздействием алкоголя. Метод позволяет диагностировать органические изменения, контролировать лечение, выявлять судорожные состояния и нарушения сна.

ЭЭГ в наркологии применяется для помощи в решении следующих проблем.

1. Диагностика поражений мозга. ЭЭГ позволяет обнаружить органические повреждения головного мозга, токсическую энцефалопатию, характерные для хронического употребления алкоголя.
2. Диагностика синдрома отмены. Помогает выявить признаки, сопутствующие синдрому отмены алкоголя, такие как судорожные приступы, определить риск их развития.
3. Диагностика пароксизмальных состояний. Используется для дифференциальной диагностики эпилепсии и неэпилептических приступов (судороги при алкогольном делирии).

4. Оценка нарушений сна. Применяется при нарушениях сна, часто сопровождающих абстиненцию (комплекс тяжелых физических и психических нарушений, возникающий у людей с зависимостью после прекращения употребления алкоголя).
5. Мониторинг лечения. Позволяет отслеживать динамику восстановления работы головного мозга на фоне проводимого лечения.

ЭЭГ позволяет дать объективную оценку функционального состояния мозга, выявить нейрофизиологические маркеры зависимости, такие как изменения интенсивности альфа-ритма и реакции активации [20]. Метод позволяет диагностировать нарушения мозговой активности, вызванные употреблением алкоголя, и используется в рамках биологической обратной связи (БОС) для коррекции аддитивных состояний.

Учитывая трудность формального разграничения нормы и патологии, для ЭЭГ можно выделить, по крайней мере, три регистра: 1) нормальная ЭЭГ; 2) пограничные (между нормой и патологией) варианты; 3) патологические изменения (нарушения) биоэлектрической активности головного мозга.

Нормальными считаются варианты ЭЭГ, соответствующие возрасту и функциональному состоянию обследуемого по частотным, амплитудным и пространственно-временным характеристикам. К патологическим видам относят варианты ЭЭГ, параметры которых значительно отличаются от нормальных. Чем больше отклонение от нормы, тем тяжелее лежащие в их основе нарушения. В клинической нейрофизиологии наиболее часто употребляемой шкалой для качественной оценки тяжести регистрируемых нарушений является следующий ряд: легкие – умеренные – выраженные – грубые – очень грубые нарушения. Определяемые при визуально-логическом и математическом анализе незначительные изменения биоэлектрической активности головного мозга на ЭЭГ и отсутствие явной патологической активности свойственны пограничным вариантам. Пограничные изменения на ЭЭГ могут рассматриваться как условно патологические: для их интерпретации необходимым условием является наличие или отсутствие клинических проявлений [20, 23].

Во многих работах отмечается, что у страдающих алкогольной зависимостью наблюдается подавление альфа-ритма, особенно в затылочной области [6, 15, 18, 24].

Данные файлов электроэнцефалограммы являются цифровыми сигналами, которые можно обрабатывать и исследовать с помощью методов цифровой обработки сигналов (ЦОС) [25, 26]. Целью исследования ЭЭГ является определение информативно значимых признаков, по изменению которых можно делать выводы о нарушении работы нейронной сети головного мозга человека, либо об эффективности применяемых методик лечения.

В качестве основных методов обработки сигналов ЭЭГ используется спектральный анализ и полосовой спектральный анализ со значениям частот 0,3–4 Гц (дельта), 4–8 Гц (тета), 8–13 Гц (альфа), 13–35 Гц (бета), 35–70 Гц (гамма) [25, 27].

Однако, экспериментальные исследования, проведенные с целью определения возможности применения методов цифровой обработки сигналов, использованных при решении задач технической диагностики, для определения параметров и характеристик цифровых сигналов электроэнцефалограмм выявили ряд методических особенностей, которые следует учитывать для обеспечения правильности формулируемых выводов [27, 28].

ЭЭГ является важным вспомогательным инструментом, дополняющим клиническую картину алкогольной зависимости, позволяя оценить степень вовлеченности нервной системы в патологический процесс.

Таким образом, важнейшей задачей при анализе ЭЭГ становится выявление и определение информативно-значимых признаков, которые наиболее полно отражают фактическое состояние нейронной сети обследуемого человека и позволяют дать объективную оценку действенности применяемых методов воздействия или лечения.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для группы лиц, имеющих зависимость от алкоголя, на начальном этапе лечения проведена запись ЭЭГ. Запись ЭЭГ проводили на Мицар-ЭЭГ–202 (ООО «Мицар», Россия), при частоте дискретизации 500 Гц. ЭЭГ регистрировали от 16 активных электродов, расположенных на скальпе в соответствии с Международной схемой расположения электродов «10–20%». Референтные электроды (A1, A2) крепились на мочке уха с каждой стороны. Зарегистрированные цифровые сигналы ЭЭГ сохранены в специальной базе данных. Для обработки, преобразования, исследования параметров и характеристик цифровых сигналов ЭЭГ использовано специальное программное средство анализа длинных реализаций цифровых сигналов [28].

На данном этапе обследованы 44 пациента с синдромом зависимости от алкоголя (диагноз по МКБ-10 F10.2), 27 женщин и 17 мужчин в возрастном диапазоне от 29 до 59 лет. Для обработки цифровых сигналов ЭЭГ в рамках данного исследования применены: спектральный анализ, полосовой спектральный анализ, цифровая фильтрация, построение трендов параметров ЭЭГ.

При определении параметров и характеристик цифровых сигналов ЭЭГ учитывались следующие методические особенности, выявленные в ходе ранее проведенных экспериментальных исследований [27, 28].

1. При изменении временного интервала анализа сигнала ЭЭГ (пример на рис. 1), что эквивалентно изменению частотного разрешения спектрального анализа, выполняемого методом дискретного или быстрого преобразования Фурье (ДПФ, БПФ) [26], в подавляющем большинстве случаев происходит визуально наблюдаемое изменение структуры амплитудного спектра (рис. 2).

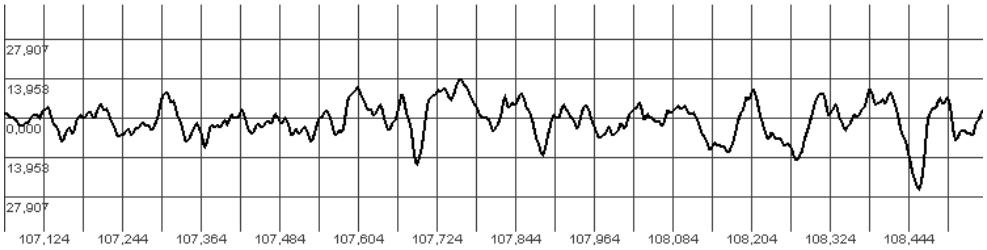
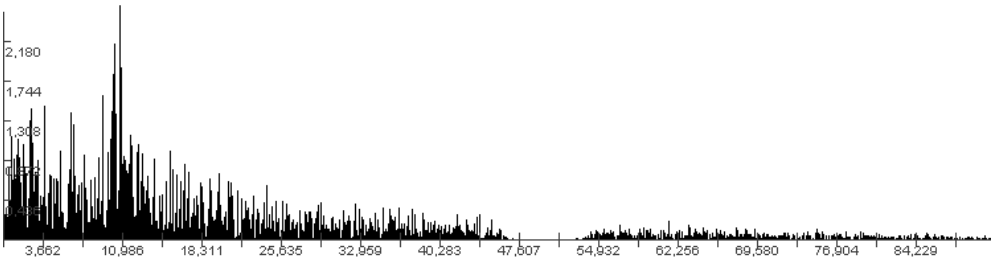
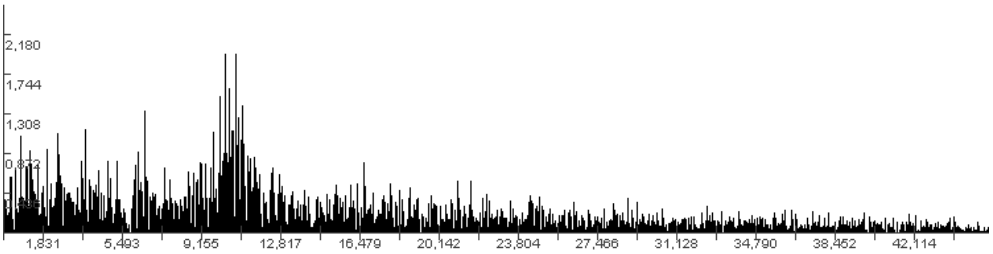


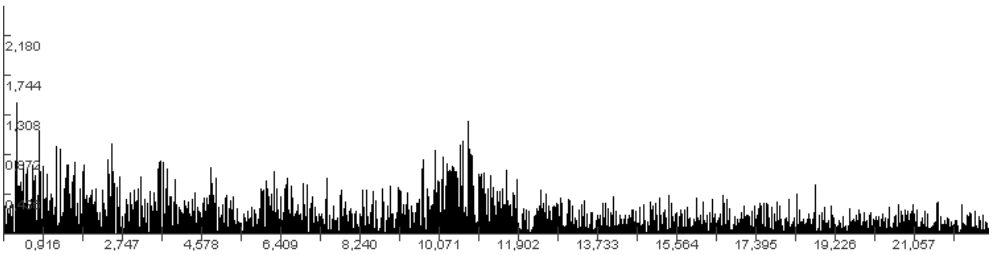
Рис. 1. Временная реализация сигнала ЭЭГ O2-A2 (ось абсцисс – время с, ось ординат амплитуда, мВ)
Fig. 1. Temporal realization of the O2-A2 EEG signal (abscissa axis – time, s; ordinate axis – amplitude, mV)



а) амплитудный спектр сигнала ЭЭГ O2-A2, время анализа 8.192 с



б) амплитудный спектр сигнала ЭЭГ O2-A2, время анализа 16.384 с



в) амплитудный спектр сигнала ЭЭГ O2-A2, время анализа 32.768 с

Рис. 2. Амплитудные спектры сигнала ЭЭГ при изменении временного интервала анализа (ось абсцисс – частота Гц, ось ординат амплитуда, мВ)
Fig. 2. Amplitude spectra of the EEG signal with a change in the time interval of analysis (abscissa axis – frequency, Hz, ordinate axis – amplitude, mV)

2. При изменении временного интервала анализа также наблюдается изменение структуры полосового спектра с частотными полосами 0,3–4 Гц (дельта); 4–8 Гц (тета); 8–13 Гц (альфа); 13–35 Гц (бета); 35–70 Гц (гамма).
3. Временные тренды среднего квадратического значения (СКЗ) [28], отражающего общую интенсивность сигнала ЭЭГ и СКЗ сигнала в указанных частотных полосах при временных интервалах менее 30 секунд имеют существенный разброс значений, даже на коротком временном смещении. Стабильность временных трендов наблюдается только при временном интервале анализа более 60 секунд.

4. Гистограмма распределения сигналов ЭЭГ по уровню на временных интервалах анализа менее 30 секунд может быть достаточно разнообразной, но при временном интервале анализа более 60 секунд стремиться к нормальному закону распределения.
5. Применение гауссовых вейвлетов второго и четвертого порядка, вейвлета Морле позволяет локализовать на сигнале ЭЭГ эффекты N100, P300 и другие подобные всплески и выбросы.
6. Также следует учитывать некоторые особенности применения конечно-временного БПФ, которое при наличии одиночных или редких кратковременных одиночных всплесков на исследуемом временном отрезке сигнала, может приводить к появлению на спектре реально не существующих частотных компонент.

Более детальное исследование сигналов ЭЭГ позволило выявить, что в небольших частотных полосах сигнал ЭЭГ представляет собой модулированную гармонику, а энцефалографический сигнал можно декомпозировать в виде суммы таких модулированных гармоник с разными несущими частотами [27, 28]. На рис. 3 показан такой полосовой спектр для рассматриваемого сигнала, а на рис. 4, в качестве примера, компоненты этого сигнала (модулированные гармоники) в отдельных частотных полосах.

Данный способ обработки апробирован при исследовании ЭЭГ пациентов, страдающих от алкогольной зависимости.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных экспериментов выявлены несколько кластеров ЭЭГ, различающихся по форме своих полосовых спектров. Типовые значения таких полосовых спектров, относящихся к соответствующему кластеру (1 – альфа ритм; 2 – бета ритм; 3 – дельта ритм; 4 – тета ритм), в абсолютных и относительных нормированных единицах приведены в табл. 1–4.

При нормировании за единицу принималось СКЗ составляющей ЭЭГ в частотной полосе 10–11 Гц, а остальные нормированные значения вычислялись как отношение СКЗ в конкретной частотной полосе к СКЗ в частотной полосе 10–11 Гц. Вычисление параметров проводилось для временного отрезка сигнала ЭЭГ длительностью 16.384 с, не содержащем артефактов, на этапе фоновой ЭЭГ.

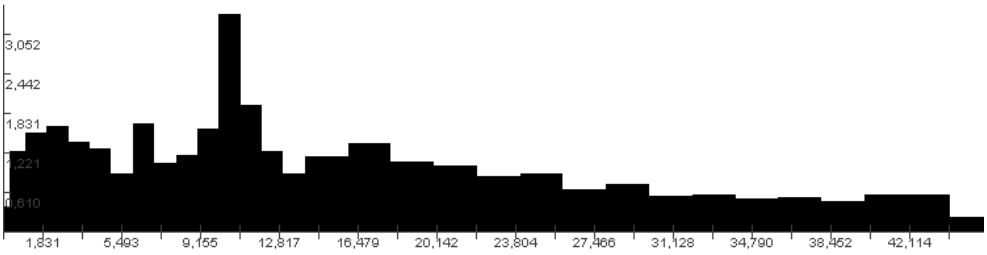
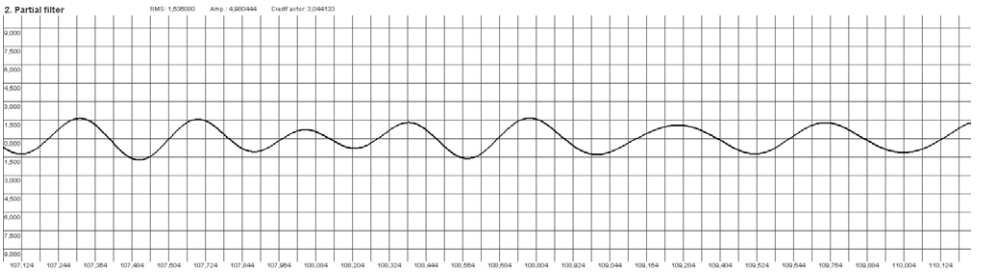
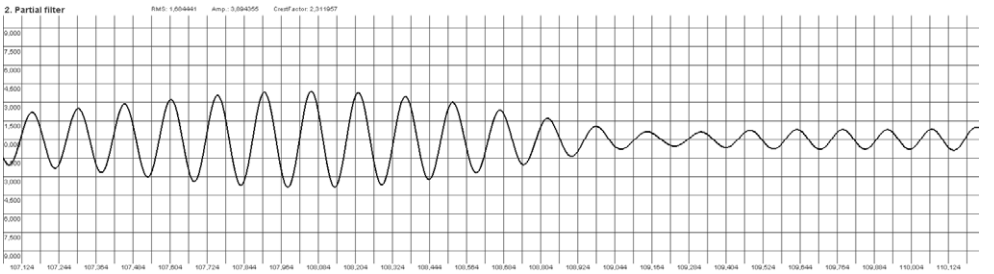


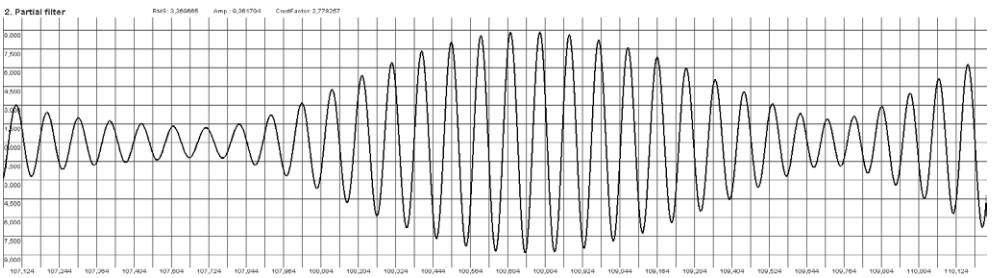
Рис. 3. Полосовой спектр сигнала ЭЭГ O2-A2, время анализа 16.384 с (ось абсцисс – частота Гц, ось ординат амплитуда, мВ)
Fig. 3. Band spectrum of the O2-A2 EEG signal, analysis time 16.384 s (abscissa axis – frequency, Hz; ordinate axis – amplitude, mV)



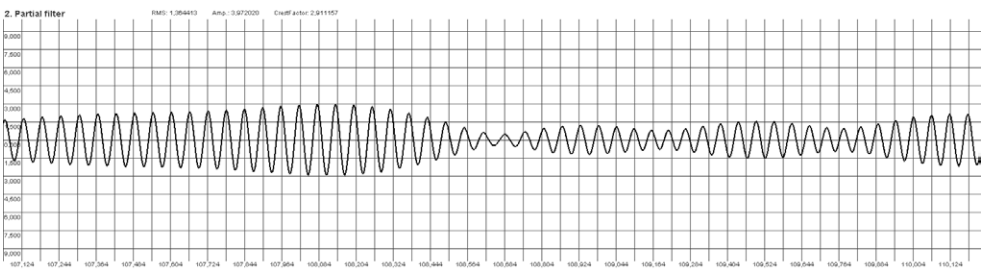
а) временная реализация сигнала ЭЭГ O2-A2 в частотной полосе 2–3 Гц



б) временная реализация сигнала ЭЭГ O2-A2 в частотной полосе 6–7 Гц



в) временная реализация сигнала ЭЭГ O2-A2 в частотной полосе 10–11 Гц



г) временные реализация сигнала ЭЭГ O2-A2 в частотной полосе 16–18 Гц

Рис. 4. Временные реализация сигнала ЭЭГ O2-A2 в частотных полосах (ось абсцисс – время с, ось ординат амплитуда, мВ)
Fig. 4. Temporal realization of the O2-A2 EEG signal in frequency bands (abscissa axis – time, s; ordinate axis – amplitude, mV)

Таблица 1
Значения интенсивностей сигнала ЭЭГ O1–A1 в частотных полоса пациента с выраженным альфа ритмом
Table 1
Values of EEG signal intensity O1–A1 in frequency bands of a patient with a pronounced alpha rhythm

Δf, Гц	0.3–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9
мВ	1.43	1.68	2.68	2.83	2.09	3.64	3.26	2.29	2.98
Отн. ед	0.27	0.32	0.5	0.53	0.39	0.68	0.61	0.43	0.56
Δf, Гц	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–16	16–18	18–20	20–22
мВ	3.82	5.32	3.86	1.61	1.4	1.97	1.96	1.57	1.42
Отн. ед	0.72	1.0	0.72	0.3	0.26	0.37	0.37	0.29	0.27
Δf, Гц	22–24	24–26	26–28	28–30	30–32	32–34	34–36	36–38	38–40
мВ	1.08	0.95	0.93	0.9	0.85	0.68	0.59	0.45	0.44
Отн. ед	0.2	0.18	0.175	0.17	0.16	0.13	0.11	0.08	0.08

Таблица 2
Значения интенсивностей сигнала ЭЭГ O1–A1 в частотных полосах пациента с выраженным бета ритмом
Table 2
Values of EEG signal intensity O1–A1 in frequency bands of a patient with pronounced beta rhythm

Δf, Гц	0.3–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9
мВ	0.84	1.28	1.16	0.99	0.96	0.85	0.99	1.3	1.49
Отн. ед	0.57	0.88	0.79	0.68	0.66	0.58	0.68	0.89	1.02
Δf, Гц	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–16	16–18	18–20	20–22
мВ	1.81	1.46	1.0	0.95	1.4	1.65	1.66	1.67	1.36
Отн. ед	1.24	1	0.69	0.65	0.96	1.13	1.14	1.14	0.94
Δf, Гц	22–24	24–26	26–28	28–30	30–32	32–34	34–36	36–38	38–40
мВ	1.56	1.32	1.36	1.23	1.34	1.14	1.02	1.13	0.98
Отн. ед	1.07	0.91	0.93	0.84	0.92	0.78	0.7	0.77	0.67

Таблица 3
Значения интенсивностей сигнала ЭЭГ O2–A2 в частотных полосах пациента с выраженным дельта ритмом
Table 3
Values of EEG O2–A2 signal intensities in frequency bands of a patient with a pronounced delta rhythm

Δf, Гц	0.3–1	1–2	2–3	3–4	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9
мВ	3.5	3.34	2.5	1.94	1.67	1.02	1.44	1.53	1.03
Отн. ед	1.97	1.88	1.41	1.1	0.94	0.58	0.81	0.86	0.58
Δf, Гц	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–16	16–18	18–20	20–22
мВ	1.5	1.77	2.18	2.57	1.25	1.52	1.04	1.03	1.01
Отн. ед	0.85	1	1.23	1.45	0.7	0.86	0.58	0.58	0.57
Δf, Гц	22–24	24–26	26–28	28–30	30–32	32–34	34–36	36–38	38–40
мВ	1.11	0.92	0.69	0.7	0.63	0.66	0.65	0.51	0.53
Отн. ед	0.63	0.52	0.39	0.39	0.36	0.37	0.37	0.29	0.3

Таблица 4
Значения интенсивностей сигнала ЭЭГ O1–A1 в частотных полосах пациента с выраженным тета ритмом
Table 4
EEG signal intensity values O1–A1 in frequency bands of a patient with a pronounced theta rhythm

Δf, Гц	**0.3–1**	**1–2**	**2–3**	**3–4**	**4–5**	**5–6**	**6–7**	**7–8**	**8–9**
мВ	3.78	3.87	4.25	2.68	6.4	7.67	4.69	8.05	3.78
Отн. ед	1.39	1.42	1.56	0.98	2.35	2.81	1.72	2.95	1.39
Δf, Гц	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–16	16–18	18–20	20–22
мВ	2.8	2.73	1.23	1.02	1.32	2.12	2.07	1.73	1.3
Отн. ед	1.03	1	0.45	0.37	0.49	0.78	0.76	0.64	0.48
Δf, Гц	22–24	24–26	26–28	28–30	30–32	32–34	34–36	36–38	38–40
мВ	1.48	1.43	1.44	1.17	1.27	1.15	1.17	0.97	0.91
Отн. ед	0.54	0.52	0.53	0.43	0.47	0.42	0.43	0.36	0.33

Проведенные исследования ЭЭГ группы пациентов с синдромом зависимости от алкоголя на начальной стадии лечения предложенным способом для точки контроля O1-A1 дали следующие результаты:

- у 14 обследованных доминирует альфа ритм, что соответствует первому кластеру (из них 9 женщин);
- у 4 обследованных доминирует бета ритм, что соответствует второму кластеру (из них 3 женщины);
- у 3 обследованных доминирует дельта ритм, что соответствует третьему кластеру (из них 2 женщины);
- у 1 обследованного доминирует тета ритм, что соответствует четвертому кластеру (женщина);
- у 13 обследованных преобладают дельта и альфа ритмы (из них 8 женщин);
- у 4 обследованных преобладают дельта и бета ритмы (из них 2 женщины);
- у 2 обследованных преобладают альфа и бета ритмы (из них 1 женщина);
- у 1 обследованного преобладают тета и бета ритмы (женщина);
- у 1 обследованного преобладают дельта, тета и альфа ритмы (мужчина);
- у 1 обследованного преобладают дельта и тета ритмы (женщина).

Таким образом, ранее опубликованные данные о том, что у большинства пациентов с синдромом зависимости от алкоголя подавляется альфа-ритм для O1, O2 отведений для данной экспериментальной выборки на данном этапе исследований не нашла убедительного подтверждения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проводимое исследование параметров и характеристик цифровых сигналов ЭЭГ ориентировано на получение новых данных о работе нейронной сети головного мозга человека и объективно подтверждаемой эффективности применяемых методов лечения и функционального воздействия. Сигналы электроэнцефалограммы являются сложно структурированными, весьма разнообразными и отражают изменение электромагнитного поля в конкретной точке на поверхности головы, определяемое суммой воздействующих электрических потенциалов дендритов, сомы

и потенциалов действия. Суммарный сложный сигнал ЭЭГ декомпозируется в виде суммы узкополосных по частоте сигналов, являющихся модулированными гармониками разной частоты, что подтверждается экспериментальными исследованиями. Нормированные значения интенсивностей сигналов ЭЭГ в ряде таких частотных полос использованы в качестве информативно-значимых параметров для кластеризации сигналов ЭЭГ. В качестве оценки интенсивностей сигналов ЭЭГ использовано среднее квадратическое значение.

На основе анализа, полученных в результате обследований, данных выявлены четыре основных кластера ЭЭГ, различающиеся по форме своих нормированных узкополосных спектров с доминированием, соответственно, альфа-ритма (1 кластер); бета ритма (2 кластер); дельта ритма (3 кластер); тета ритма (4 кластер).

Проведенные исследования ЭЭГ группы из 44 пациентов с синдромом зависимости от алкоголя на начальной стадии лечения показали, что у более половины из них альфа ритм является преобладающим, что имеет отличие от данных в ранее опубликованных работах.

Полученные данные могут иметь диагностическое значение при аппаратном анализе скрытых изменений ЭЭГ при синдроме зависимости от алкоголя, но требуют дальнейшей проработки на большей выборке пациентов.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. *Scientific Substantiation of an Optimal Public Health Alcohol Consumption Model in the Republic of Belarus*. Research Report. State Institution "Republican Scientific and Practical Center for Medical Technologies, Informatization, Management, and Economics of Healthcare"; Head, PhD D. Yu. Ruzanov. SR No. 20221622. Minsk; 2023. 116 p. (in Russ.)
2. Grigorieva I.V, Khajayeu A.V., Igumnov S.A. Relationship between the assessment of violent actions and the manifestations of personal characteristics in alcohol-dependent individuals. *Health and Ecology Issues.* 2023;20(3):84–93. https://doi.org/10.51523/2708-6011.2023-20-3-11 (in Russ.)
3. Afiorau D.V., Kirpichenka A.A. The clinic and treatment of alcohol addiction in patients with aggressive and autoaggressive behavior (literature review). *Vestnik vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta.* 2022;21(1):7–19. https://doi.org/10.22263/2312-4156.2022.1.7 (in Russ.)
4. Vinnikova M.A., Nenastyeva A.Yu., Utkin S.I. Mental and behavioral disorders caused by alcohol use. Alcohol withdrawal state (alcohol withdrawal syndrome). Clinical guidelines. Revision 2022. *Narcology.* 2022;21(2):3–13. https://doi.org/10.25557/1682-8313.2022.02.3-13 (in Russ.)
5. Kirpichenko A.A., Kopytov A.V., Muzhichenko V.A. *Alcohol abuse by adolescent girls.* Vitebsk: VSMU; 2017. 251 p. (in Russ.)
6. Arzumanov Yu.L., Berezina I.Yu., Igumnov S.A. Neurophysiological analysis of cognitive impairment in individuals with psychoactive substance dependence. *Military Medicine*. 2022;65(4):84–92. https://doi.org/10.51922/2074-5044.2022.4-84 (in Russ.)
7. Osipchik S.I., Igumnov S.A., Lapanov P.S. Clinical features of the course of alcoholism depending on the type of alcohol preferences. *Narcology*. 2025;24(1):24–35. (in Russ.)
8. Osipchik S.I., Igumnov S.A., Lapanov P.S. Psychological characteristics of individuals with alcohol dependence syndrome depending on the type of alcohol preferences. *Narcology.* 2025;24(2):19–29. (in Russ.)
9. Amodeo R. Acute low-level alcohol consumption reduces phase locking of event-related oscillations in rodents. *Behavioural Brain Research.* 2017;330:25–29.
10. Andrew C.H. Reduced Frontal Lobe Activity in Subjects With High Impulsivity and Alcoholism. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research.* 2007;1:156–165.
11. Thomson A.D., Cook C.H., Touquet R. The royal college of physicians report on alcohol: guidelines for managing Wernicke's encephalopathy in the accident and emergency department. *Alcohol-Alcohol.* 2002;37(6):513–521.
12. Agabio R. Thiamine administration in alcoholdependent patients. *Alcohol and Alcoholism.* 2012;40(2):155–156. doi: 10.1093/alcalc/agh106
13. Arzumanov Yu.L., Lapin I.A., Meshcheryakov A.F. Changes in bioelectrical activity of the brain in patients with alcoholism. *Narcology*. 2016;15(2):20–25. (in Russ.)
14. Ivanitskaya L.N. Study of EEG reactions to functional loads in alcohol abusers. *Medical aspects of valeology*. 2010;3:4–10. (in Russ.)
15. Adianes H-D. Functional Connectivity and Quantitative EEG in Women with Alcohol Use Disorders: A Resting-State Study. *Brain Topogr.* 2016;29:368–381. doi: 10.1007/s10548-015-0467-x
16. Ashwini P. Delta, theta, and alpha event-related oscillations in alcoholics during go/NoGo task: Neurocognitive deficits in execution, inhibition, and attention processing. *Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry.* 2015;8:1–56. doi: 10.1016/j.pnpbp.2015.10.002
17. Bae Y. Automated network analysis to measure brain effective connectivity estimated from EEG data of patients with alcoholism. *Physiological Measurement.* 2017;38:759–773. doi: 10.1088/1361-6579/aa6b4c
18. Porjesz B., Begleiter H. Alcoholism and Human Electrophysiology. *Alcohol Research & Health.* 2003;2:153–160.
19. Pavlova L.P. *Dominants of the Human Brain Activity. A Systemic Psychophysiological Approach to EEG Analysis*. St. Petersburg: Inform-Navigator; 2017. 430 p. (in Russ.)

20. Zenkov L.R. *Clinical Electroencephalography (with Elements of Epileptology). A Guide for Physicians*. Moscow: MEDpress-inform; 2025. 360 p. (in Russ.)
21. Dokukina T.V., Misyuk N.N. *Visual and computer EEG in clinical practice.* Minsk: Knigasbor; 2011. 187 p. (in Russ.)
22. Tatum W.O., Hussein A.M., Benbadis S.R. *Clinical interpretation of electroencephalography*. Translated from English. Moscow: BINOM Publishing House; 2020. 264 p. (in Russ.)
23. Guyton A.K., Hall J.E. *Medical Physiology*. Translated from English; edited by V.I. Kobrin. Moscow: Logosfera; 2008. 1296 p. (in Russ.)
24. Yakovleva T.V., Krysko A.V. Processing eeg signals alcohol-addicted patients using neural networks. *Russian Journal of Biomechanics*. 2024;28(1):125–142. doi 10.15593/RZhBiomeh/2024.1.10 (in Russ.)
25. Kulaichev A.P. *Computer electrophysiology and functional diagnostics*. Moscow: INFRA-M; 2018. 469 p. (in Russ.)
26. Brancevich P.J. *Digital Processing of Vibration Signals*. Minsk: Bestprint; 2022. 297 p. (in Russ.)
27. Brancevich P.J., Grigorieva I.V., Korolevich P.P. Methods of processing digital signals of electroencephalograms in the study of their informative-significant parameters. *BIG DATA and high-level analysis = BIG DATA and Advanced Analytics: Coll. sci. art. XII Int. scientific-practical. conf. (Republic of Belarus, Minsk, April 23, 2026).* In 2 parts. Bogush V. A., editor. Minsk: BSUIR; 2026. Part 1: 19–30. (in Russ.)
28. Bracevich P.J. Determination of information-significant parameters of electroencephalograms during digital processing using the method of decomposition into modulated harmonics. *Non-destructive testing and diagnostics*. 2025;2:12–22. (in Russ.)