

ISSN 2077-8333 (print)  
ISSN 2311-4088 (online)

# ЭПИЛЕПСИЯ и пароксизмальные состояния

2025 Том 17 №3



EPILEPSY AND PAROXYSMAL CONDITIONS

2025 Vol. 17 №3

<https://epilepsia.su>

Данная интернет-версия статьи была скачана с сайта [www.epilepsia.su](http://www.epilepsia.su). Не предназначено для использования в коммерческих целях.  
Информацию о репринтах можно получить в редакции. Тел.: +7 (495) 649-54-95; эл. почта: [info@irbis-1.ru](mailto:info@irbis-1.ru).

<https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.248>

ISSN 2077-8333 (print)

ISSN 2311-4088 (online)

# Какие загадки скрывает референтный электрод?

А.А. Иванов

Общество с ограниченной ответственностью «Нейрософт» (ул. Воронина, д. 5, Иваново 153032, Россия)

Для контактов: Алексей Алексеевич Иванов, e-mail: [iva@neurosoft.com](mailto:iva@neurosoft.com)

## РЕЗЮМЕ

Референтный электрод является неотъемлемой частью каждого электроэнцефалографического (ЭЭГ) отведения в монтаже регистрации. Во времена чернильнопишущих ЭЭГ-аппаратов контакт между активным и референтным ЭЭГ-электродами устанавливался вручную с помощью специальных переключателей. Сейчас, в эпоху компьютерных электроэнцефалографов, ЭЭГ-отведения формируются не только на уровне аппаратуры, но и на уровне программного обеспечения. Появилось несколько вариантов референтных электродов: ушной, центральный, усредненный, объединенный ушной, лапласовский референт и др. В таком изобилии нетрудно и запутаться. В данном материале подробно описано значение активного и пассивного (референтного) электродов, введено понятие ЭЭГ-отведения, монтажа регистрации, а также разобраны различия между аппаратными и программными типами референтных электродов. Понимание работы ЭЭГ-оборудования на уровне активных и референтных электродов поможет медицинскому персоналу в правильной настройке оборудования и корректной интерпретации результатов ЭЭГ-обследований.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

электроэнцефалография, ЭЭГ-монтаж, ЭЭГ-отведение, канал регистрации ЭЭГ, референтный электрод

## Для цитирования

Иванов А.А. Какие загадки скрывает референтный электрод? *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2025; 17 (3): 326–331. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.248>.

## What mysteries does the reference electrode hide?

A.A. Ivanov

Neurosoft LLC (5 Voronin Str., Ivanovo 153032, Russia)

**Corresponding author:** Alexey A. Ivanov, e-mail: [iva@neurosoft.com](mailto:iva@neurosoft.com)

## ABSTRACT

The reference electrode is an integral part in each electroencephalographic (EEG) derivation involved in recording montage. In the era of ink-writing EEG devices, contact between the active and reference EEG electrodes was established manually using special switches. Now, with the advent of computer electroencephalographs, EEG leads are formed not only at the hardware level, but also at the software level. Several types of reference electrodes have emerged: ear, central, averaged, combined ear, Laplace reference, etc. It is not surprising to get confused in such abundance. This publication details a role for active and passive (reference) electrodes, introduce the concept of EEG derivation, recording montage as well as dissects the differences between hardware and software reference electrodes. A proper understanding of how EEG equipment operates at the level of active and reference electrodes may help medical personnel in its correct set up and interpreting EEG examinations data.

## KEYWORDS

electroencephalography, EEG montage, EEG derivation, EEG channel, reference electrode

## For citation

Ivanov A.A. What mysteries does the reference electrode hide? *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2025; 17 (3): 326–331 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2025.248>.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

ЭЭГ-отведение – это одно из базовых понятий в регистрации электрической активности головного мозга. Оно состоит из двух электродов – активного и пассивного (или референтного), с помощью которых проводится измерение разности электрических потенциалов между двумя точками на голове пациента.

По сути канал измерения ЭЭГ-активности является очень чувствительным вольтметром. ЭЭГ-сигнал, записанный в виде ЭЭГ-кривой, представляет собой график изменения разности потенциалов во времени. Монтаж ЭЭГ – это совокупность всех ЭЭГ-отведений, регистрируемых в ходе обследования.

Все эти базовые понятия, конечно, хорошо известны каждому специалисту, занимающемуся ЭЭГ. Однако здесь кроется несколько «ловушек», обусловленных как терминологией, так и большим разнообразием различных типов референтных электродов и монтажей регистрации ЭЭГ, а также опытом работы на ЭЭГ-оборудовании разных поколений. Такие вопросы, как «Чем отличается пассивный электрод в биполярном монтаже от референтного?» или «Какой электрод используется в качестве референтного в монтаже source derivation (лапласовский монтаж)?», могут поставить в тупик даже опытных специалистов.

Эти и другие аспекты будут рассмотрены в данном материале. Понимание работы ЭЭГ-оборудования на уровне активных и референтных электродов поможет медицинскому персоналу в правильной настройке оборудования и корректной интерпретации результатов ЭЭГ-обследований.

## ЭЭГ-ОТВЕДЕНИЕ / EEG DERIVATION

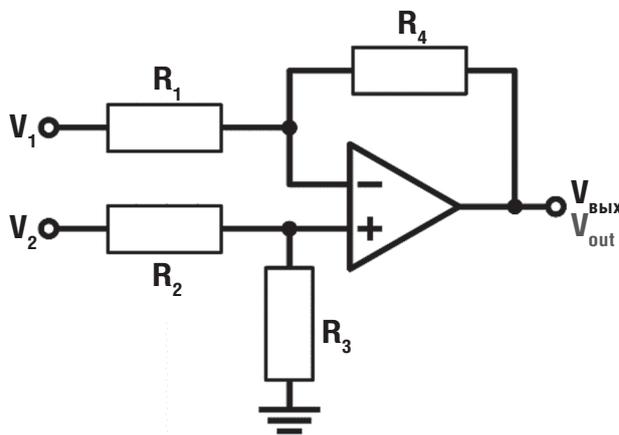
Чтобы постепенно приблизиться к ответам на поставленные вопросы, важно понимать базовые принципы регистрации электрической активности головного мозга. Дифференциальный усилитель электрического сигнала, лежащий в основе современных ЭЭГ-регистраторов [1, 2], имеет два входных сигнала (активный и пассивный) и один общий вход GND (англ. ground – «земля») (рис. 1).

Следует отметить, что контакт заземления не имеет ничего общего с электрическим заземлением питающей сети. Этот вход усилителя используется для подавления синфазной помехи от питающей сети (50 или 60 Гц в зависимости от региона) с помощью контура обратной связи.

Для регистрации всего одного ЭЭГ-отведения требуется наложить минимум три электрода: активный, пассивный (или референтный) и GND (или общий – англ. common). При этом ЭЭГ-регистратор будет записывать разность потенциалов между активным и пассивным электродами, усиливать ее, освобождать от синфазной наводки с помощью GND-входа и контура обратной связи, оцифровывать и передавать в компьютер для отображения и обработки. Это и есть ЭЭГ-отведение (рис. 2).

Итак, для регистрации одного ЭЭГ-отведения необходимо три электрода. А теперь вопрос: «Сколько электро-

дов необходимо наложить для регистрации двух ЭЭГ-отведений?» Здесь как раз тот случай, когда один плюс один не равно два. Казалось бы, если для одного ЭЭГ-отведения нужно три электрода, то для двух потребуется шесть. Но это не так. Если для второго отведения использовать тот же самый пассивный (референтный) и общий (GND) электроды, что и для первого отведения,

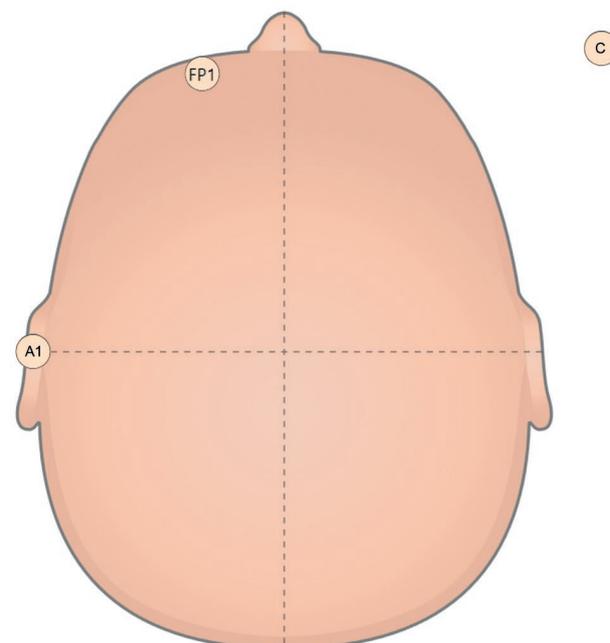


**Рисунок 1.** Схема устройства дифференциального усилителя электрического сигнала.

$V_1$  – сигнал активного электрода;  $V_2$  – сигнал пассивного электрода; R1–4 – резисторы;  $V_{\text{вых}}$  – сигнал на выходе усилителя

**Figure 1.** Schematic diagram of electric signal differential amplifier.

$V_1$  – active electrode signal;  $V_2$  – passive electrode signal; R1–4 – resistors;  $V_{\text{out}}$  – amplifier output signal



**Рисунок 2.** Для регистрации одного ЭЭГ-отведения требуется наложить минимум три электрода: активный (Fp1); пассивный, или референтный (A1); и общий (C), или заземляющий

**Figure 2.** At least three electrodes need to be placed to record data from a single EEG derivation: active (Fp1); passive, or reference (A1); and common (C), or ground

то понадобится дополнительно наложить только один активный электрод. Т.е. для регистрации двух ЭЭГ-отведений необходимо минимум четыре электрода.

Таким образом, в общем случае для регистрации  $N$  ЭЭГ-отведений потребуется наложить  $N+2$  электродов. Тогда для всех ЭЭГ-отведений будет использоваться один общий пассивный (референтный) электрод Ref и общий заземляющий электрод GND. Такой монтаж называют референциальным или монополярным [3–5]. Общий референтный электрод в этом случае желательно расположить на голове обследуемого на центральной линии, например в точке Cz или Fpz.

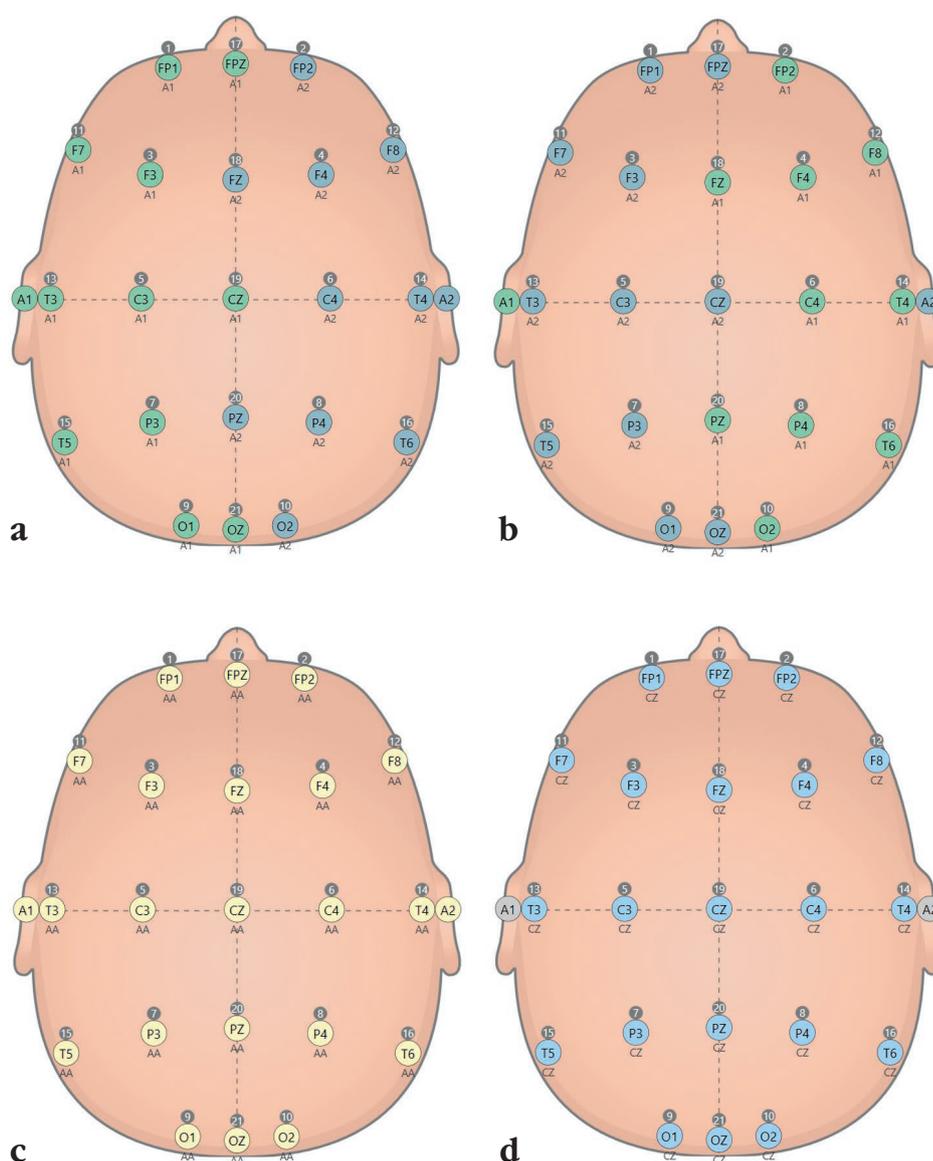
В России часто в качестве общего референта используется два электрода – A1, A2 (на мочках ушей) или M1, M2 (на мастоидах – сосцевидных отростках). В этом случае все ЭЭГ-отведения левого полушария регистрируются относительно левого уха, а правого полушария – относительно правого уха. Такой тип референтного электрода называется ипсилатеральным ушным. Если все ЭЭГ-отведения левого полушария регистрируются относитель-

но правого уха, а отведения правого полушария – относительно левого уха, то тип референтного электрода называется контралатеральным ушным. Иногда ушные референтные электроды объединяют между собой, в таком случае референт называют объединенным ушным электродом (рис. 3).

В некоторых современных ЭЭГ-регистраторах в последнее время начали применять усилители с потенциальным входом. В них референтный вход объединен с GND, и измерение разности потенциалов проводится между активным и общим (GND) электродами.

### АППАРАТНЫЙ И ПРОГРАММНЫЙ РЕФЕРЕНТНЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ / HARDWARE AND SOFTWARE REFERENCE ELECTRODES

Итак, в настоящее время в качестве референтного электрода часто используются следующие аппаратные каналы:



**Рисунок 3.** Варианты монополярного монтажа с различными референтными электродами:

**a** – ипсилатеральный ушной (A1, A2), активные электроды зеленого цвета регистрируют сигнал относительно левого уха, синего – относительно правого; **b** – контралатеральный ушной (A2, A1); **c** – объединенный ушной (AA); **d** – центральный референтный электрод (CZ). В вариантах **a**, **b** и **c** электрод CZ является активным, а в варианте **d** – референтным. Цвет электрода на рисунках **c** и **d** зависит от выбранного референта: для объединенного ушного это желтый, для центрального – голубой

**Figure 3.** Options for monopolar montage with different reference electrodes:

**a** – ipsilateral ear (A1, A2), active green electrodes record a signal relative to the left ear, blue – relative to the right ear; **b** – contralateral ear (A2, A1); **c** – combined ear (AA); **d** – central reference electrode (CZ). In options **a**, **b** and **c**, the CZ electrode is active, and in **d** option – reference. The color of the electrode in figures **c** and **d** depends on the selected reference: for the combined ear it is yellow, for the central one it is light blue

# Практические и технические аспекты ЭЭГ / EEG practical and technical aspects

– Ref – единый референтный электрод для всех отведений монтажа;

– CZ – вертексный (центральный) референтный электрод;

– A1, A2 – ушные электроды (ипси- или контралатеральные), иногда вместо ушных используют электроды на сосцевидных отростках M1, M2;

– AA – объединенный ушной электрод (объединение происходит внутри ЭЭГ-регистратора при выборе данного типа референтного электрода в настройках программы [6]).

Относительно этих аппаратных (физических) референтных электродов и проводится реальное измерение электрической активности головного мозга под всеми активными ЭЭГ-электродами всех отведений монтажа.

Однако для отображения ЭЭГ-кривых на экране монитора в разных монтажах кроме аппаратных были введены в клиническую практику и так называемые программные, или расчетные референтные электроды [5]. Программные референтные электроды позволяют посмотреть записанный ЭЭГ-сигнал под несколько другим углом, например в сравнении с соседними электродами или со всеми электродами монтажа. Вот их список:

– AV – усредненный электрод (при выборе данного программного референтного электрода сигналы со всех электродов усредняются и полученный сигнал используется вместо сигнала с референтного электрода для расчета всех отведений монтажа – при таком типе программного референта наиболее выраженная активность будет наблюдаться по тем ЭЭГ-отведениям, которые отличаются от остальных);

– AV1 или AV2 – усредненный по левому или правому полушарию электрод (в качестве сигнала референтного электрода используется результат программного усреднения сигнала со всех электродов левого (AV1) или правого (AV2) полушария);

– SD – отведение от источника (лапласовский референт): в качестве сигнала референтного электрода используется результат программного усреднения сигналов соседних электродов, и такое представление позволяет лучше отобразить локальные очаги биоэлектрической активности (рис. 4) – т.е. если какая-то активность регистрируется только под одним ЭЭГ-электродом и не регистрируется под соседними, то при таком типе референта она будет уменьшаться, если же активность наблюдается под этим и соседними электродами, то она будет усиливаться.

Таким образом, имеются физические (Ref, CZ, A1, A2, AA) и программные (AV, AV1, AV2, SD) референтные электроды.

Вопрос: каким образом регистрируется электрическая активность головного мозга, если в текущем монтаже регистрации выбран программный референтный электрод? На самом деле в современных ЭЭГ-регистраторах измерение электрической активности всегда проводится относительно текущего установленного физического (аппаратного) референтного электрода [1]. Установленный программный референт всего-навсего определяет математические операции, выполняемые с физически-

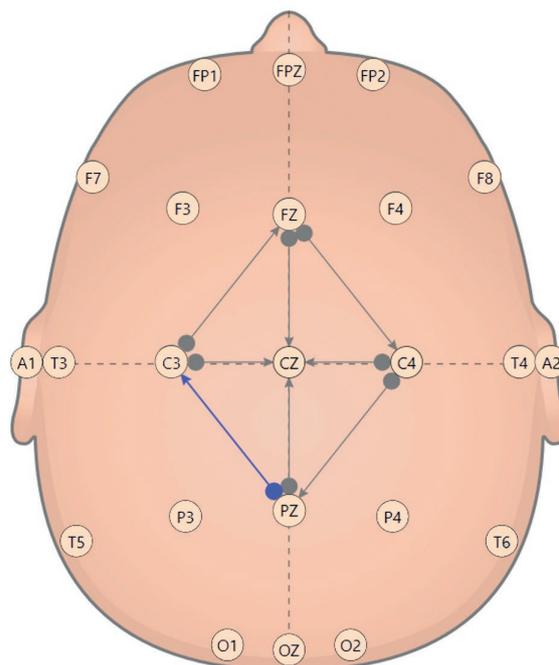
ми ЭЭГ-сигналами перед их отображением на экране компьютера в виде ЭЭГ-кривых. Иными словами, независимо от выбранного программного референта для регистрации разности потенциалов между электродами по-прежнему необходим физический референтный электрод.

Важно подчеркнуть, что электрическая активность головного мозга всегда физически регистрируется как разность потенциалов между активным и пассивным (физическим референтным) электродами, а на экране компьютера на ЭЭГ-кривых она может быть пересчитана относительно выбранного программного референта, например AV или SD. Т.е. физически ЭЭГ-сигнал регистрируется относительно, например, ушных референтных электродов, а просматривать его можно с программным референтным электродом, например SD.

## БИПОЛЯРНОЕ ЭЭГ-ОТВЕДЕНИЕ / BIPOLAR EEG DERIVATION

Выше были рассмотрены монополярные монтажи и возможные виды референтных электродов. Переходим к биполярным отведениям и монтажах.

В биполярном монтаже (рис. 5), в отличие от монополярного (референциального), каждое отведение имеет свои собственные активный и пассивный электроды. По-



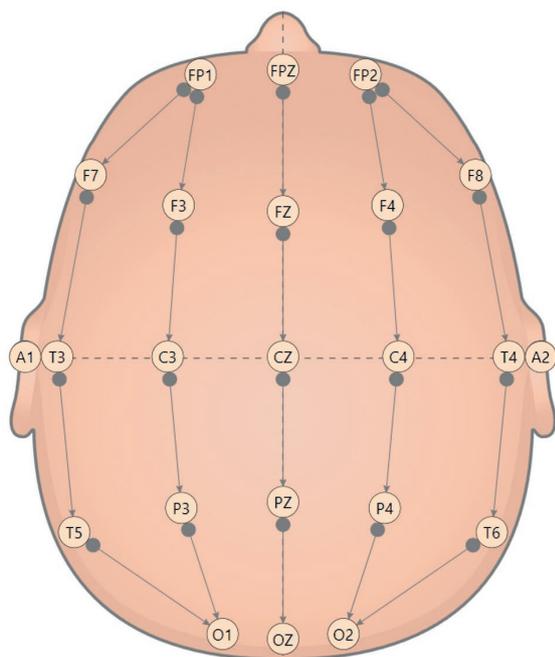
**Рисунок 4.** Пример SD-отведения от источника (лапласовский референт). Физически для регистрации используется аппаратный референтный электрод, например ипсилатеральный ушной, а программно сигнал усредняется с сигналами близлежащих электродов

**Figure 4.** A representative SD derivation from the source (Laplace reference). Physically, a hardware reference electrode is used for recording, e.g., the ipsilateral ear electrode, whereas the signal is averaged with the signals from adjacent electrodes via software

лучается, что разность потенциалов в биполярном ЭЭГ-отведении измеряется между этими электродами. Но оказывается, что нет! В действительности все современные ЭЭГ-регистраторы, независимо от выбранного программного референта и монтажа регистрации, записывают ЭЭГ-сигнал относительно общего референтного электрода (в монополярном монтаже), а уже потом, в программе, при отображении ЭЭГ-кривых на экране компьютера эти данные пересчитываются для отображения в биполярном монтаже или с программным референтом.

Например, чтобы отобразить на экране монитора ЭЭГ-кривую биполярного отведения Fp1–F3 физически регистрируются ЭЭГ-отведения Fp1–A1 и F3–A1 (при ипсилатеральном ушном референтном электроде), а затем рассчитывается их разность, что эквивалентно измерению разности потенциалов между электродами Fp1 и F3 (рис. 6).

Для отображения ЭЭГ-кривой Fp1–F7 представленного монтажа double banana будет проведена запись сигнала с ЭЭГ-отведений Fp1–A1 и F7–A1 и вычислена их разность. Т.е. обследование реально записывается в монополярном монтаже, а потом ЭЭГ-сигналы пересчитываются в биполярный. Таким образом, переключать монтаж можно

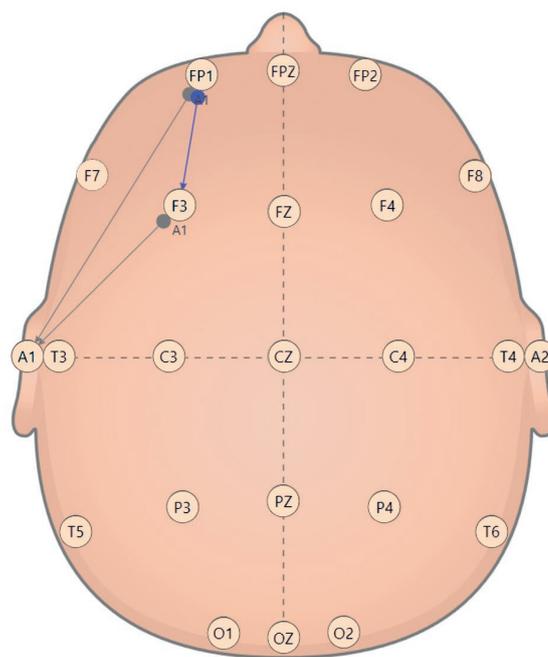


**Рисунок 5.** Биполярный монтаж double banana. Каждое отведение имеет свой активный и пассивный электроды, тем не менее ЭЭГ-сигнал регистрируется относительно установленного физического референтного электрода, в данном случае – ушных электродов A1 и A2. Физически для регистрации используется аппаратный референтный электрод, а программно сигнал рассчитывается для выбранных пар активных электродов

**Figure 5.** Double banana bipolar montage. Each derivation has its own active and passive electrodes, however, the EEG signal is recorded relative to the placed physical reference electrode, in this case, the ear electrodes A1 and A2. Physically, a hardware reference electrode is used for recording, and the signal is calculated via software for the selected pairs of active electrodes

в любое время – как при записи, так и при просмотре обследования. Изменение программного референта и монтажа будет влиять только на программные расчеты при отрисовке ЭЭГ-кривых на экране монитора компьютера.

Однако многие ЭЭГ-специалисты по-прежнему уверены, что в биполярном монтаже запись ЭЭГ-сигнала проводится относительно пассивного электрода каждого отведения (как разность потенциалов между активным и пассивным электродами). Почему возникло такое непонимание? Дело в том, что старые чернильнопишущие электроэнцефалографы действительно имели физические переключатели для коммутации всех ЭЭГ-каналов в произвольные монтажи. С помощью этих переключателей можно было скоммутировать как монополярные, так и биполярные монтажи. Причем действительно биполярные, когда каждое отведение представляло собой изолированный биполярный канал с собственным пассивным электродом. При переходе на цифровые компьютерные электроэнцефалографы физические переключатели ушли в прошлое. Их с успехом заменили математические расчеты, ведь они эквивалентны реальным измерениям, при этом намного дешевле и удобнее в использовании. Однако в память об исчезнувших коммутаторах следует



**Рисунок 6.** Чтобы отобразить на экране ЭЭГ-кривую Fp1–F3, реально регистрируются ЭЭГ-отведения Fp1–A1 и F3–A1 (при ипсилатеральном ушном референтном электроде), а затем рассчитывается их разность, что эквивалентно измерению разности потенциалов между электродами Fp1 и F3

**Figure 6.** Fp1–A1 and F3–A1 EEG derivations should be actually recorded (with the ipsilateral ear reference electrode) to display Fp1–F3 EEG curve on the screen followed by calculating their difference equivalent to measure potential difference between the Fp1 and F3 electrodes

учитывать, что даже при установке биполярного монтажа при записи ЭЭГ в современных ЭЭГ-регистраторах необходимо наложить физический референтный электрод.

## ЧЕМ ОТЛИЧАЕТСЯ ПАССИВНЫЙ ЭЛЕКТРОД В БИПОЛЯРНОМ МОНТАЖЕ ОТ РЕФЕРЕНТНОГО? / WHAT IS THE DIFFERENCE BETWEEN A PASSIVE ELECTRODE IN BIPOLAR MONTAGE AND A REFERENCE ONE?

Внимательный читатель, дойдя до данного раздела, уже самостоятельно может ответить на поставленный вопрос.

Референтный электрод в биполярном монтаже всегда один (или два в случае ушных референтов) – это общий

физический референт, относительно которого проводятся все измерения электрической активности головного мозга (Ref, A1 и A2, AA, Cz).

Пассивный электрод у каждого биполярного отведения свой, но это всего лишь расчетный электрод (программный), а на самом деле каждое биполярное отведение представляет собой разность двух монополярных отведений.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

В данном материале проведен краткий обзор таких базовых понятий, как референтный электрод, ЭЭГ-отведение и монтаж регистрации. Это те азы ЭЭГ-метода, от понимания которых зависит правильность настройки ЭЭГ-оборудования и корректность интерпретации ЭЭГ-обследований.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ARTICLE INFORMATION
Поступила: 06.05.2025 В доработанном виде: 08.09.2025 Принята к печати: 23.09.2025 Опубликована: 30.09.2025	Received: 22.04.2025 Revision received: 04.08.2025 Accepted: 08.09.2025 Published online: 10.09.2025
Конфликт интересов	Conflict of interests
А.А. Иванов является штатным сотрудником компании «Нейрософт» – российского производителя ЭЭГ-оборудования	A.A. Ivanov is an employee of the Neurosoft company – a Russian manufacturer of EEG equipment
Финансирование	Funding
Автор заявляет об отсутствии финансовой поддержки	The author declares no funding
Этические аспекты	Ethics declarations
Неприменимо	Not applicable
Комментарий издателя	Publisher's note
Содержащиеся в этой публикации утверждения, мнения и данные были созданы ее авторами, а не издательством ИРБИС (ООО «ИРБИС»). Издательство снимает с себя ответственность за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или препаратов, упомянутых в публикации	The statements, opinions, and data contained in this publication were generated by the authors and not by IRBIS Publishing (IRBIS LLC). IRBIS LLC disclaims any responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred in the content
Права и полномочия	Rights and permissions
© 2025 А.А. Иванов; ООО «ИРБИС» Статья в открытом доступе по лицензии CC BY-NC-SA ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a> )	© 2025 A.A. Ivanov. Publishing services by IRBIS LLC This is an open access article under CC BY-NC-SA license ( <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a> )

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Иванов А.А. Описание технических характеристик ЭЭГ-оборудования и их сравнение для доступных в России электроэнцефалографов. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2023; 15 (4): 384–92. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2023.170>.  
Ivanov A.A. Description of technical characteristics for EEG equipment and their comparison for electroencephalographs available in Russia. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2023; 15 (4): 384–92 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2023.170>.
- Иванов А.А. Устройство современного электроэнцефалографа. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2022; 14 (4): 362–78. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2022.138>.  
Ivanov A.A. The structure of modern EEG recorder. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2022; 14 (4): 362–78 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2022.138>.
- Рекомендации экспертного совета по нейрофизиологии Российской Противозепилептической Лиги по проведению рутинной ЭЭГ. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2016; 8 (4): 99–108. Guidelines for carrying out of routine EEG of Neurophysiology Expert Board of Russian League Against Epilepsy. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2016; 8 (4): 99–108 (in Russ.).
- Jasper H.H. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1958; 10: 371–5.
- Seeck M., Koessler L., Bast T., et al. The standardized EEG electrode array of the IFCN. *Clin Neurophysiol*. 2017; 128 (10): 2070–7. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2017.06.254>.
- Иванов А.А. Обзор возможностей современного программного обеспечения для регистрации и анализа ЭЭГ. *Эпилепсия и пароксизмальные состояния*. 2023; 15 (1): 53–69. <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2023.144>.  
Ivanov A.A. Overview of current software capabilities for EEG recording and analyzing. *Epilepsia i paroksizmal'nye sostoania / Epilepsy and Paroxysmal Conditions*. 2023; 15 (1): 53–69 (in Russ.). <https://doi.org/10.17749/2077-8333/epi.par.con.2023.144>.

## Сведения об авторе / About the author

Иванов Алексей Алексеевич / Alexey A. Ivanov – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2605-6830>. E-mail: [iva@neurosoft.com](mailto:iva@neurosoft.com).