

## МОЗГОВАЯ АКТИВНОСТЬ У ПОДРОСТКОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ РИСКА ИНТЕРНЕТ-ЗАВИСИМОСТИ

© 2021 г. Д. Б. Дёмин

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лавёрова  
Уральского отделения Российской академии наук, г. Архангельск

**Цель:** изучить электроэнцефалографические (ЭЭГ) изменения у подростков с различным риском развития Интернет-зависимости (ИЗ).  
**Методы:** Обследованы 55 добровольцев в возрасте 16–17 лет, постоянно проживающих на Севере. По результатам диагностики ИЗ по шкале Чена (CIAS) подростки были разделены на три группы: I – с минимальным риском возникновения ИЗ, II – со склонностью к возникновению ИЗ, III – со сформированной ИЗ. Характеристики ЭЭГ проводили по динамике значений спектральной мощности ( $\mu\text{B}^2$ ) в каждом частотном диапазоне.

**Результаты:** В общей выборке выявлено 25,5 % лиц I группы; 63,6 % – II; 10,9 % – III. Организованный тип альфа-активности ЭЭГ выявлен у 79 % лиц I группы и у 100 % лиц III группы при отсутствии у них гиперсинхронных вариантов активности и выраженной дезорганизованной ЭЭГ, что соответствует оптимальному возрастному соотношению восходящих активирующих влияний на кору мозга со стороны структур ретикулярной формации и активности диэнцефальных структур. В I группе также показано большое количество корреляционных связей компульсивных симптомов ИЗ со всеми видами ЭЭГ-активности во всех отведениях, что может свидетельствовать о значительной общегрупповой устойчивости этих лиц к различным состояниям зависимости. Среди лиц II группы организованный тип ЭЭГ выявлен у 54 %, гиперсинхронный у 14 %, ослабленный у 14 %, дезорганизованный у 18 %. Дезорганизованный тип ЭЭГ с присутствием большого количества тета-волн в лобно-центральных отделах мозга у подростков II группы может свидетельствовать об избытке возбуждения структур лимбико-диэнцефального уровня, ведущем к пролонгации сроков возрастного формирования мозговой активности, а выявленные корреляционные связи показателей шкалы симптомов отмены и тета-активности отражают определённый психологический дискомфорт при затруднении доступа к Интернет-ресурсам.

**Выводы:** большинство подростков с минимальным риском возникновения ИЗ и сформированными симптомами ИЗ имеют организованный тип ЭЭГ-активности, а подростки с выраженным риском ИЗ имеют этот тип ЭЭГ лишь в половине случаев, что вызвано гетерохронией формирования паттерна ЭЭГ у подростков на Севере и особенностями формирования и развития ИЗ.

*Ключевые слова:* подростки, интернет-зависимость, электроэнцефалография, биоэлектрическая активность мозга

## BRAIN ACTIVITY IN ADOLESCENTS WITH DIFFERENT INTERNET ADDICTION RISKS

D. B. Demin

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,  
Arkhangelsk, Russia

**Aim:** To study electroencephalographic (EEG) changes in adolescents with different risks of developing Internet addiction (IA).

**Methods:** This cross-sectional study included 16-17 years-old adolescents ( $n = 55$ ) permanently living in the Arctic Russian town of Arkhangelsk. Risk of IA was assessed using the Chen Internet Addiction Scale (CIAS). By the results of the CIAS test all adolescents were divided into three groups: I - minimal risk of IA, II – increased risk to develop IA and III - stable IA pattern. EEG was evaluated by the values of spectral power ( $\mu\text{V}^2$ ) in each frequency band.

**Results:** Altogether, 25.5 % of adolescents had minimal risk of developing IA, 63.6% belonged to group 2 and 10.9 % had IA. The organized type of alpha activity EEG was found in 79 % of individuals in group I and in 100 % of individuals in group III. This indicates the optimal age ratio of the activity of the reticular formation, cerebral cortex and diencephalic structures. A large number of negative correlations between compulsive symptoms of IA and all types of EEG activity in group I was determined, which may indicate a resistance of these individuals to addiction. The organized EEG type was detected in 54 %, hypersynchronous type - in 14 %, desynchronized type - in 14 %, disorganized type - in 18 % of group II individuals. A disorganized EEG type with a large ratio of theta EEG waves in the frontal-central brain parts in group II may indicate a high limbic-diencephalic excitation. The correlations between the indicators of the withdrawal symptom scale and the EEG theta-activity reflect the psychological discomfort when access to Internet resources is difficult.

**Conclusions:** Most adolescents with minimal risk of IA and symptoms IA have an organized EEG-type while adolescents with IA have this EEG-type only in a half of the cases, which is caused by the heterochronia of the EEG formation in the Arctic residents and the peculiarities of the formation and development of IA.

*Key words:* adolescents, internet-addiction behavior, electroencephalography, bioelectric brain activity

### Библиографическая ссылка:

Дёмин Д. Б. Мозговая активность у подростков с различным уровнем риска Интернет-зависимости // Экология человека. 2021. № 6. С. 21–27.

### For citing:

Demin D. B. Brain Activity in Adolescents with Different Internet Addiction Risks. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 6, pp. 21-27.

В современном мире Интернет очень быстро превращается в повседневную реальность, широкий и повсеместный доступ к разнообразной информации является преимуществом Интернет-ресурсов, но чрезмерное их использование может привести к Интернет-зависимости (ИЗ), вызывая негативные последствия для личной, социальной и профессиональной жизни человека [10, 13]. С этой точки зрения ИЗ анализируют как нарушенную форму поведения и определяют её по следующим внешним социально-психологическим критериям: ограниченность в общении, отсутствие познавательного интереса, нарушение когнитивного уровня функционирования, неадекватная реакция на критику, ложь или скрывание количества времени, проведённого в Сети [16]. Для подростка подобные условия являются особенно экстремальными, поскольку, как показали исследования связи генетических и социальных факторов, именно в подростковом периоде закладываются негативные тенденции для здоровья и благополучия как индивидуальной жизни, так и последующих поколений [9]. Несмотря на большое количество научных публикаций по теме ИЗ, подавляющее большинство работ — это исследования в области психологии с соответствующей методологией и методическим аппаратом исследования. В основном это результаты эмпирических исследований, которые отражают связь ИЗ с некоторыми личностными характеристиками (признаками): стрессоустойчивостью, силой воли, конфликтностью, агрессивностью, самооценкой, уверенностью в себе и т. д. [17–19]. Поиск физиологических путей, посредством которых Интернет может влиять на структуру, функции и когнитивное развитие мозга, в настоящее время только исследуется и до конца не раскрыт. Во множестве исследований последних лет [6, 14, 15] отмечается значение нейробиологических факторов в формировании ИЗ, выявлены межполушарные различия у ИЗ взрослых людей [7], отмечается значение различных нейropsychологических нарушений среди ИЗ подростков [5]. Известно, что в основе формирования любого вида зависимости лежат изменения в функционировании головного мозга [8], поэтому выявление наиболее чувствительных его отделов, функции которых в первую очередь подвержены влиянию аддиктивных факторов, является актуальной задачей и в дальнейшем позволит минимизировать потенциально неблагоприятные последствия. Целью работы явилось изучение особенностей биоэлектрической активности головного мозга у подростков с различным риском развития Интернет-зависимости.

### Методы

Проведено поперечное исследование, в котором приняли участие 55 практически здоровых подростков (1–2 групп диспансерного наблюдения), учащиеся МОУ «Гимназия г. Надым» Ямало-Ненецкого автономного округа Российской Федерации. Испытуемых лиц выбирали на добровольной основе, критериями включения при первичном отборе являлись: возраст

16–17 лет, рождение и постоянное проживание в указанном северном районе; критерием исключения служило наличие в анамнезе травм головного мозга, неврологических и психических нарушений. Предварительный анализ выборок не выявил выраженных половых различий изучаемых показателей, что позволило объединить данные по лицам мужского и женского пола. Соотношение юношей и девушек в различных возрастных группах составило: 16 лет — 10 / 14; 17 лет — 14 / 17. От всех подростков и их родителей было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании, одобренное комиссией по биомедицинской этике Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. акад. Н. П. Лавёрова УрО РАН (протокол № 3 от 12.02.2020). Исследование осуществлялось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и директивах Европейского сообщества (8/609EC).

Исследования проводили в комфортной, привычной для испытуемых обстановке в период с 9 до 14 часов. На первом этапе были уточнены факторы, связанные с развитием ИЗ, деятельность подростков в сети Интернет носила смешанный характер: сервисы онлайн-общения, потребности школьной программы, онлайн-игры. Диагностику ИЗ поведения проводили по шкалам теста Чена (Chen Internet Addiction Scale — CIAS) [11] в адаптированной русскоязычной версии В. Л. Малыгина с соавт. [6]. Опросник состоял из 26 вопросов; обследуемые, набравшие 27–42 баллов, характеризовались минимальным риском возникновения ИЗ, при 43–64 баллах констатировали склонность к возникновению ИЗ, от 65 и выше — выраженный и устойчивый паттерн (сформированная) ИЗ. Оценочные шкалы теста CIAS — Com (компульсивные симптомы), Wit (симптомы отмены), Tol (симптомы толерантности), IN (внутриличностные проблемы и проблемы со здоровьем), TM (проблемы с управлением временем).

На втором этапе всем испытуемым регистрировали электроэнцефалограмму (ЭЭГ) в течение 2 мин в положении сидя, в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами, на электроэнцефалографе «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» («Нейрософт», г. Иваново) монополярно от 16 стандартных отведений, электроды устанавливали по международной системе «10–20» с ушными референтными электродами. При оценке ЭЭГ выделяли безартефактные отрезки записи длительностью 60 сек на каждом этапе исследования, спектр анализировали по тета- (4,0–6,9 Гц), альфа- (7,0–12,9 Гц), бета<sub>1</sub>- (13–24 Гц) диапазонам. Для количественной оценки спектра ЭЭГ в каждом частотном диапазоне проводили усредненную для каждого испытуемого оценку значений полной мощности (мкВ<sup>2</sup>).

Полученные результаты обрабатывали при помощи компьютерного пакета прикладных программ Statistica v. 10.0 (StatSoft Inc., США). В связи с тем, что в большинстве случаев распределение признаков в выборках не подчинялось закону нормального распределения (оценка по критерию Шапиро–Уилка),

статистическую обработку проводили непараметрическими методами, учитывали медиану (*Me*), нижний и верхний квартили (25–75 перцентили). Для проверки статистической гипотезы разности значений использовали критерий Манна–Уитни для двух независимых групп, Краскела–Уоллиса для нескольких независимых групп. Корреляционный анализ параметров проводили с учётом ранговой корреляции по Спирмену ( $r_s$ ). Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез принимали  $p < 0,05$ .

### Результаты

Общая выборка обследуемых подростков была разделена на три группы в соответствии с количеством баллов, набранных ими при анкетировании с использованием шкал теста CIAS. В I группу с минимальным риском возникновения ИЗ вошли 14 человек (25,5 %), *Me* (25–75 перц.) баллов по шкалам теста CIAS составляла 38,0 (34,5–40,8). Во II группу со склонностью к возникновению ИЗ вошли 35 человек (63,6 %), 50,0 (46,5–55,0) баллов. В III группу с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ вошли 6 человек (10,9 %), 72,0 (69,0–77,3) баллов. Все три группы значимо отличались друг от друга по данному признаку ( $p < 0,001$ ) (рис. 1).

При анализе уровней спектральной мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ не выявлено выраженных статистически значимых отличий между обследуемыми группами подростков с различным риском Интернет-зависимости ( $p > 0,05$ ) (рис. 2). Мощность тета-ритма одинаково сильно распространена по конвексительной поверхности скальпа в передне-заднем направлении, в представленности альфа- и бета-активности сохранены зональные отличия. В то же время показана относительно более высокая тета-составляющая спектра в лобно-центральных отделах и более низкая альфа-составляющая в затылочных отделах у лиц со склонностью к возникновению ИЗ.

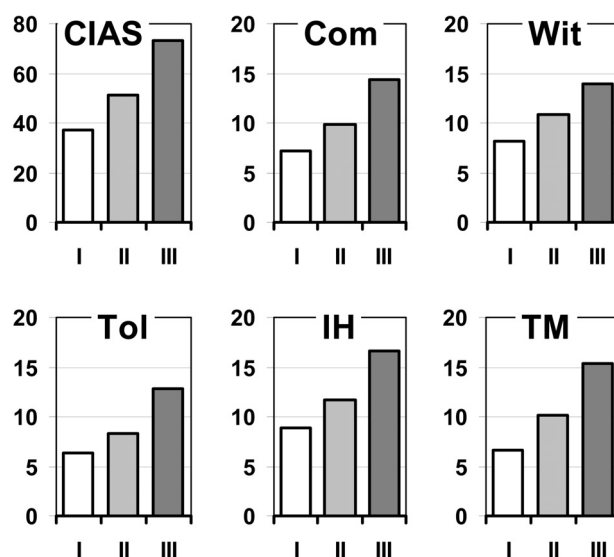


Рис. 1. Распределение уровней оценочных шкал теста CIAS у подростков с различным риском Интернет-зависимости (ИЗ)  
Примечания: Белые столбики — группа с минимальным риском ИЗ (I); светло-серые столбики — группа со склонностью к возникновению ИЗ (II); темно-серые столбики — группа с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ (III). Статистически значимое отличие между всеми тремя группами в пределах каждого представленного показателя выявлено на уровне  $p < 0,001$ .

На основании визуального анализа фоновой ЭЭГ у обследованных подростков были выявлены характерные варианты её структуры (рис. 3). Наибольшим разнообразием церебральных паттернов представлена группа со склонностью к возникновению ИЗ (четыре типа) [2], наименьшим — группа с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ (один тип).

Во всех группах подростков преобладал I тип ЭЭГ с организованной альфа-активностью (54–100 %), причём доля лиц, попадающих в этот тип, была максимальной среди лиц с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ. Лица со II типом гиперсинхронной

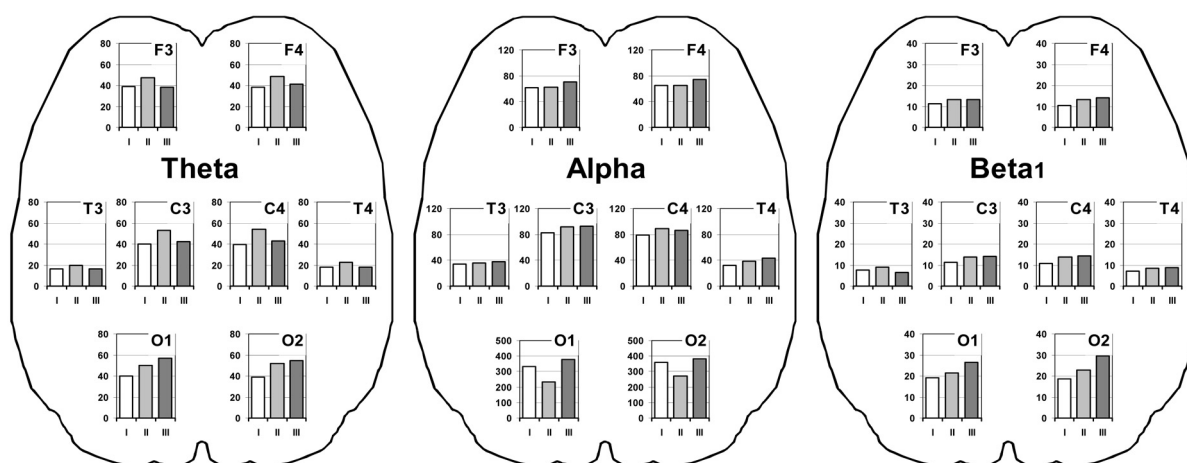


Рис. 2. Уровни спектральной мощности ( $\mu\text{В}^2$ ) основных частотных диапазонов ЭЭГ у подростков с различным риском Интернет-зависимости (ИЗ)  
Примечания: F3, F4, C3, C4, T3, T4, O1, O2 — левые и правые лобные, центральные, височные и затылочные отведения ЭЭГ. Белые столбики — группа с минимальным риском ИЗ (I); светло-серые столбики — группа со склонностью к возникновению ИЗ (II); темно-серые столбики — группа с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ (III). Статистически значимых отличий между показателями спектральной мощности ЭЭГ в разных группах выявлено не было.

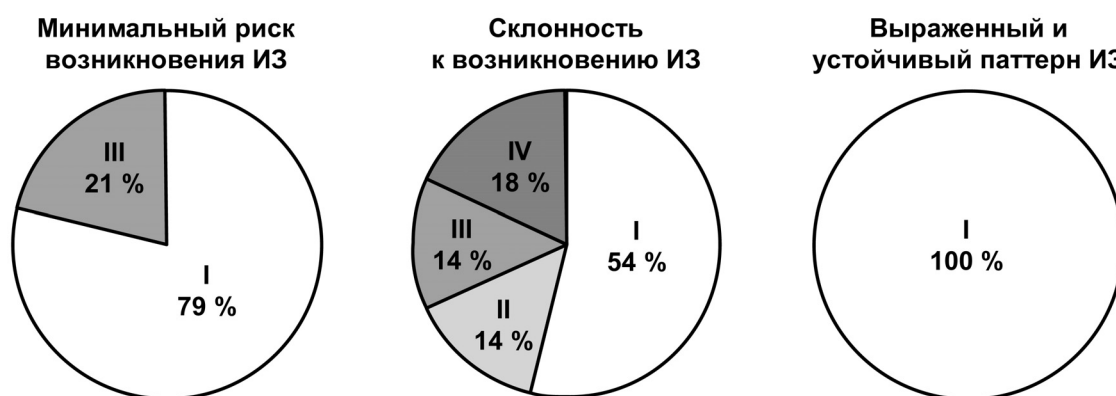


Рис. 3. Долевое соотношение подростков с разными типами ЭЭГ (по классификации Е. А. Жирмунской) в группах с различным риском Интернет-зависимости (ИЗ)

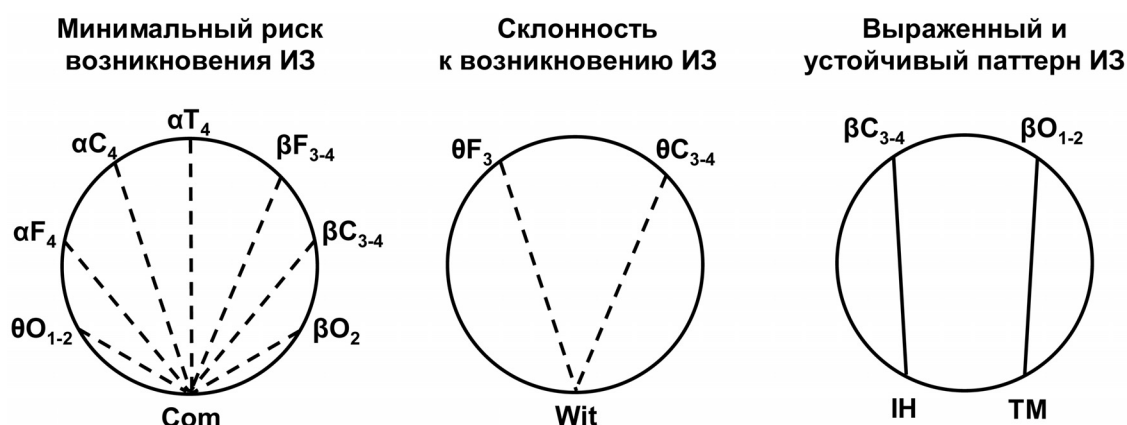


Рис. 4. Корреляционные связи показателей оценочных шкал теста CIAS и параметров спектральной мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ у подростков с различным риском Интернет-зависимости (ИЗ)

*Примечания:* Сплошная линия — положительная корреляционная связь, пунктирная линия — отрицательная связь. Оценочные шкалы теста CIAS — Com (компульсивные симптомы), Wit (симптомы отмены), IN (внутриличностные проблемы и проблемы со здоровьем), TM (проблемы с управлением временем). Диапазоны ЭЭГ:  $\theta$  — тета,  $\alpha$  — альфа,  $\beta$  — бета,  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $O_1$ ,  $O_2$  — левые и правые лобные, центральные, височные и затылочные отведения ЭЭГ.

ЭЭГ составляли, наоборот, наименьшую часть (14 %), данный тип встречался лишь в группе со склонностью к возникновению ИЗ. Лица, вошедшие в III тип ЭЭГ с десинхронным, ослабленным альфа-ритмом, преобладали среди подростков группы с минимальным риском ИЗ (21 %), их доля в 1,5 раза превышала таковую у сверстников со склонностью к возникновению ИЗ. Лица IV типа с дезорганизованной высокоамплитудной альфа-активностью и присутствием большого количества тета-волн выявлены лишь в группе со склонностью к возникновению ИЗ (18 %). Лиц V типа с преобладанием тета- и дельта-активности в ЭЭГ-паттерне среди обследованных подростков выявлено не было.

При анализе корреляций параметров спектральной мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ и показателей оценочных шкал теста CIAS наибольшее число связей в сравнении с другими группами выявлено у подростков с минимальным риском ИЗ (рис. 4). У них отмечены значимые отрицательные связи показателей шкалы компульсивных симптомов (Com) с показателями мощности в стандартных отведениях ЭЭГ — тета-активности в левых ( $r = -0,57$ ,  $p = 0,031$ ) и правых ( $r = -0,65$ ,  $p = 0,011$ ) затылочных отведениях; альфа-активности в правых

лобных ( $r = -0,55$ ,  $p = 0,041$ ), центральных ( $r = -0,54$ ,  $p = 0,045$ ) и височных ( $r = -0,55$ ,  $p = 0,041$ ) отведениях; бета-активности в левых ( $r = -0,69$ ,  $p = 0,006$ ) и правых ( $r = -0,71$ ,  $p = 0,004$ ) лобных отведениях, в левых ( $r = -0,59$ ,  $p = 0,023$ ) и правых ( $r = -0,73$ ,  $p = 0,003$ ) центральных отведениях и в правом затылочном отведении ( $r = -0,57$ ,  $p = 0,033$ ).

У подростков со склонностью к возникновению ИЗ значимые отрицательные корреляционные связи выявлены у показателей шкалы симптомов отмены (Wit) с показателями мощности тета-активности ЭЭГ в левых лобных отведениях ( $r = -0,37$ ,  $p = 0,027$ ), а также в левых ( $r = -0,39$ ,  $p = 0,021$ ) и правых ( $r = -0,35$ ,  $p = 0,036$ ) центральных отведениях.

В группе подростков с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ отмечены значимые положительные связи показателей шкалы внутриличностных проблем и проблем со здоровьем (IN) с показателями мощности бета-активности ЭЭГ в левых ( $r = 0,85$ ,  $p = 0,030$ ) и правых ( $r = 0,85$ ,  $p = 0,030$ ) центральных отведениях, а также показателей шкалы проблем управления временем (TM) с показателями мощности бета-активности ЭЭГ в левых ( $r = 0,88$ ,  $p = 0,020$ ) и правых ( $r = 0,88$ ,  $p = 0,020$ ) затылочных отведениях.

### Обсуждение результатов

Оценочные шкалы теста CIAS позволяют не просто диагностировать предполагаемый факт наличия / отсутствия Интернет-зависимого поведения, но и качественно определить выраженность тех или иных симптомов, характеризующих паттерн аддиктивного поведения. Каждая шкала определяет изолированный симптом / свойство путём получения ответов на вопросы, относимые к определяемому свойству. Так как каждая отдельная оценочная шкала является составной частью общей шкалы CIAS, то распределение их уровней в нашем исследовании совпадает с распределением уровней общей шкалы, с минимумом значений у подростков I группы и максимумом у подростков III группы ( $p < 0,001$ ).

Рассмотренные количественные методы анализа ЭЭГ, с одной стороны, позволяют унифицировано подойти к оценке соответствия подростковой ЭЭГ возрастной норме, максимально нивелируя субъективный фактор. С другой стороны, в результате использования количественного описания структуры ЭЭГ теряется связь между электроэнцефалографическими феноменами и функциональным состоянием мозга в целом и его отдельными системами. Главным образом это касается функционального состояния глубинных подкорковых структур, активность которых проявляется на ЭЭГ в виде особых паттернов [3]. Предложенные ещё в 1963 году Е. А. Жирмунской пять основных типов ЭЭГ сгруппированы в соответствии с критериями частоты и организации ритмов, степени и характера представленности целостного паттерна ЭЭГ [2]. Эти типы всё же носят условный характер при описании подростковой ЭЭГ, учитывая ещё не закончившийся процесс созревания стволово-корковых взаимоотношений и продолжающееся при этом формирование организованного паттерна ЭЭГ. В нашей работе мы используем данную модифицированную типизацию лишь в сравнительном аспекте с целью демонстрации характерных отличий в нативной фоновой ЭЭГ у подростков и без подразделения на более узкие группы внутри каждого типа.

Таким образом, у обследованных подростков групп с минимальным риском ИЗ и с выраженным паттерном ИЗ к старшему школьному возрасту отмечается относительное возрастное «созревание» основного ритма электрической активности мозга, отсутствуют лица с гиперсинхронными вариантами активности и с выраженной дезорганизованной ЭЭГ. При этом лишь чуть больше половины их сверстников из группы со склонностью к возникновению ИЗ обладают сформированной организованной альфа-активностью, и почти в равных долях у них сохраняется выявление лиц с гиперсинхронным, ослабленным и дезорганизованным основным ритмом. Зачастую гиперсинхронный тип ЭЭГ сопровождался у данных подростков пароксизмальными формами активности в виде заостренных волн, а также билатерально-синхронных разрядов в тета- и альфа-диапазонах с амплитудой в 1,5–2 раза превышающей фоновую. Как указывалось ранее, на-

личие значительной доли лиц с дезорганизованным типом ЭЭГ может свидетельствовать о продлённых сроках возрастного формирования ритмозадающих структур головного мозга, а также о повышенной активности подкорковых структур мозга в дискомфортных условиях Севера [1].

Наблюдается определённая гетерохрония формирования паттерна ЭЭГ среди обследованных нами сверстников старшего школьного возраста. В литературе имеется достаточное количество данных, позволяющих по локальным и пространственным особенностям спектральной мощности ЭЭГ судить о соответствии амплитудно-частотных параметров тому или иному возрасту детей и подростков, о наличии задержек морфофункционального созревания мозга или отклонениях в развитии [1, 9]. В указанных источниках топические особенности в динамике амплитудно-частотных перестроек демонстрируют уменьшение с возрастом спектральной мощности потенциалов в тета-диапазоне частот для всех отведений ЭЭГ, но наиболее выраженном в лобных и центральных отведениях.

Выявленная нами относительно более высокая тета-активность в лобно-центральных отделах, более низкая альфа-активность в затылочных отделах, наличие гиперсинхронных и дезорганизованных типов ЭЭГ у подростков группы со склонностью к возникновению ИЗ позволяет заподозрить определённую степень ирритации (чрезмерного возбуждения) структур лимбико-диэнцефального уровня, предположительно в связи с перенапряжением работы функциональных систем, обеспечивающих процессы зависимости от Интернета и ведущие к психологическому дискомфорту [7].

У подростков с минимальным риском ИЗ показана достаточная «зрелость» альфа-ритма и его зонального градиента, снижение доминирующего влияния медленно-волновой активности и умеренно выраженная высокочастотная активность, что соответствует более оптимальному соотношению восходящих активирующих (тонизирующих) влияний на кору со стороны структур ретикулярной формации и активности диэнцефальных (в том числе гипоталамических) структур [3].

В то же время хорошая сформированность ЭЭГ у подростков с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ может быть обусловлена уже достигнутой у них психоэмоциональной компенсацией аддиктивного поведения и адаптированностью нейрофизиологических механизмов к избыточному использованию Интернет-ресурсов [5, 8], не затрудняющих в настоящее время нормальное развитие электрогенеза мозга.

Компульсивные симптомы ИЗ (Com) являются системообразующими, ключевыми факторами зависимого поведения и имеют высокий диагностический потенциал. С одной стороны, человек испытывает радость и удовольствие от использования Интернета, с другой — у него возникает чувство беспомощности в преодолении тяги к Интернету [4, 14]. По-видимому, эта внутренняя борьба между влечением к удовольствиям и ответственностью за последствия приводит к

повышению пластичности психо-нейро-висцеральных связей и увеличению количества межсистемных взаимодействий у подростков с минимальным риском ИЗ. Достаточная выраженность альфа-активности у этих подростков, адекватный баланс медленных и быстрых волн, а также наличие отрицательных корреляционных связей компульсивных симптомов со всеми видами мозговой активности практически по всей конвекситальной поверхности скальпа свидетельствует о значительной общегрупповой устойчивости этих лиц к различным состояниям зависимости. Можно предположить, что вовлечение максимального числа церебральных структур целесообразно с позиции сохранения большего числа биологических свобод, более гибких вариантов приспособительных реакций мозга к внешним воздействиям.

Характерными показателями шкалы симптомов отмены (Wit) являются преимущественно негативно проявляемые эмоции человека — чувство дискомфорта, тревоги, переживания, усталость, угнетение или раздражение при отсутствии доступа к Интернету [5, 13]. Известно, что генез тета-ритма обуславливается в основном гиппокамально-кортикальной системой, наиболее ориентированной на приём и обработку информации от внутренней среды организма и психоэмоционального состояния [3]. С учётом этих двух факторов показанные корреляционные связи в группе подростков со склонностью к возникновению ИЗ лишь дополняют причины некоторой активизации глубоких подкорковых структур (тета-активность в лобно-центральных отделах), выявленной при визуальном и спектральном анализе фоновой ЭЭГ, в ответ на повышение уровня тревожности и эмоционального напряжения у части обследованных подростков со склонностью к возникновению ИЗ.

Очевидно, что длительное пребывание в Интернете, как и любая другая когнитивная деятельность, может приводить к возбуждению нейрональных структур, ответственных за сосредоточение и поисковую активность в новых условиях и стимулированию бета-активности. В то же время известно, что механизмы бета-колебаний могут определяться свойствами не только нейронов коры, но и таламуса, а также внутрикорковыми и таламокортикальными взаимодействиями, кроме того, существуют данные о генерации бета<sub>1</sub>-ритма в гиппокампе [12]. Внутриличностные проблемы, проблемы со здоровьем (ИН), а также проблемы с управлением временем (ТМ) являются дополнительными критериями негативных последствий использования Интернета. Зависимый человек не осознаёт, что чрезмерное использование Интернета отрицательно влияет на его отношения с социумом и семьёй, приводит к возникновению усталости и ухудшению здоровья, нехватке времени на отдых и сон [4, 16]. Это вызывает определённый психологический дискомфорт и приводит к вовлечению сенсомоторной коры и медиобазальных эмоциогенных структур, что в итоге дополнительно увеличивает бета-активность у представителей группы с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ (см. рис. 2).

Есть основания полагать, что симптомы «отмены» от ограничения доступа к Интернет-ресурсам у подростков-северян будут выражены в большей степени, чем у сверстников, проживающих в более комфортных климатических условиях. А возрастающая потребность обучающихся в использовании Интернет-ресурсов в эпоху дистанционных технологий обучения в современной сложной эпидемиологической обстановке будет вносить свои коррективы в изучение этого сложного патофизиологического состояния — Интернет-зависимости.

Таким образом, в исследуемой выборке старшеклассников, проживающих в населённом пункте арктического региона Российской Федерации, выявлено лишь 10,9 % лиц с выраженным и устойчивым паттерном ИЗ, четверть обследованных характеризовались минимальным риском её возникновения (25,5 %), а преобладали подростки со склонностью к возникновению ИЗ (63,6 %). При этом к старшему школьному возрасту организованной альфа-активностью ЭЭГ характеризовались 79 % подростков с минимальным риском ИЗ и 100 % — с выраженным паттерном ИЗ при отсутствии у них гиперсинхронных вариантов активности и выраженной дезорганизованной ЭЭГ, что соответствует более оптимальному возрастному соотношению восходящих активирующих влияний на кору мозга со стороны структур ретикулярной формации и активности диэнцефальных структур. В группе лиц с минимальным риском возникновения ИЗ показано также большое количество отрицательных корреляционных связей компульсивных симптомов ИЗ со всеми видами мозговой активности практически по всей конвекситальной поверхности скальпа, что может свидетельствовать о значительной общегрупповой устойчивости этих лиц к различным состояниям зависимости. В то же время лишь 54 % сверстников из группы со склонностью к возникновению ИЗ обладают сформированной организованной альфа-активностью, и почти в равных долях у них сохраняется выявление лиц с гиперсинхронным (14 %), ослабленным (14 %) и дезорганизованным (18 %) основным ритмом. Дезорганизованная ЭЭГ с присутствием большого количества тета-волн в лобно-центральных отделах мозга у подростков данной группы может свидетельствовать об излишнем возбуждении структур лимбико-диэнцефального уровня, ведущем к пролонгации сроков возрастного формирования мозговой активности, а корреляционные связи показателей шкалы симптомов отмены и тета-активности ЭЭГ демонстрируют определённый психологический дискомфорт при затруднении доступа к Интернет-ресурсам.

#### Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00060.

Выражается благодарность за помощь в сборе первичного материала в рамках данной работы сотрудникам лаборатории биоритмологии ФИЦКИА УрО РАН доктору биологических наук, доценту Л. В. Поскотиновой и кандидату биологических наук Е. В. Кривоноговой, а также

педагогу МОУ «Гимназия г. Надым» ЯНАО М. В. Саниной и учёному секретарю ГБОУ ДПО РК КРИППО (г. Симферополь) А. С. Гальченко.

#### Авторство

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
Дёмин Денис Борисович — ORCID 0000-0001-7912-9226;  
SPIN 6565-4657

#### Список литературы / References

1. Дёмин Д. Б., Поскотникова Л. В., Кривоногова Е. В. Вегетативный статус и мозговая активность у подростков заполярного Севера // Вестник Российской академии медицинских наук. 2014. Т. 69, № 9–10. С. 5–9.

Demin D. B., Poskotnikova L. V., Krivonogova E. V. Autonomic nervous status and bioelectric brain activity in adolescents-inhabitants of the polar North. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Annals of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2014, 69 (9-10), pp. 5-9. [In Russian]

2. Жирмунская Е. А., Лосев В. С. Электроэнцефалография в клинической практике. М., 1997. 118 с.

Zhirninskaya E. A., Losev V. S. *Elektroentsefalografiya v klinicheskoi praktike* [Electroencephalography in clinical practice]. Moscow, 1997, 118 p.

3. Зенков Л. Р., Ронкин М. А. Функциональная диагностика нервных болезней (руководство для врачей). М.: МЕДпресс-информ, 2004. 488 с.

Zenkov L. R., Ronkin M. A. *Funktsional'naya diagnostika nervnykh boleznei* [Functional Diagnosis of Nervous Diseases]. Moscow, MEDpress-inform, 2004, 488 p.

4. Интернет-зависимость: психологическая природа и динамика развития / сост. и ред. А. Е. Войскунский. М.: Акрополь, 2009. 279 с.

Internet-zavisimost': psikhologicheskaya priroda i dinamika razvitiya [Internet addiction: psychological nature and dynamics of development]. Ed. A. E. Voiskunskii. Moscow, Akropol' Publ., 2009, 279 p.

5. Малыгин В. Л., Меркурьева Ю. А. Дифференцированная психологическая коррекция интернет-зависимости у подростков // Консультативная психология и психотерапия. 2020. Т. 28, № 3 (109). С. 142–163.

Malygin V. L., Merkurieva Y. A. Differentiated intervention model for internet addiction in adolescents. *Konsul'tativnaya psikhologiya i psikhoterapiya* [Counseling Psychology and Psychotherapy]. 2020, 28 (3-109), pp. 142-163. [In Russian]

6. Малыгин В. Л., Хомерики Н. С., Смирнова Е. А., Антоненко А. А. Интернет-зависимое поведение // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 2011. Т. 111, № 8. С. 86–92.

Malygin V. L., Khomeriki N. S., Smirnova E. A., Antonenko A. A. Internet addictive behavior. *S. S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry = Zhurnal neurologii i psikiatrii im. S. S. Korsakova*. 2011, 111 (8), pp. 86-92. [In Russian]

7. Рабаданова А. И., Черкесова Д. У., Бабаева Э. М., Ашурбекова М. И. Электрическая активность мозга и межполушарные взаимодействия при формировании интернет-зависимости // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 2 (3). С. 518–522.

Rabadanova A. I., Cherkesova D. U., Babaeva E. M., Ashurbekova M. I. The brain electric activity and interactions between hemispheres at formation of internet dependence. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center,

Russian Academy of Sciences]. 2017, 19 (2-3), pp. 518-522. [In Russian]

8. Скок А. Б., Шубина О. С., Штарк М. Б. ЭЭГ-биоуправление при лечении аддитивных расстройств и синдрома дефицита внимания: обоснование и подходы // Биоуправление-4: Теория и практика. Новосибирск, 2002. С. 142–151.

Skok A. B., Shubina O. S., Shtark M. B. Neurobiofeedback in the treatment of addictive disorders and attention deficit syndrome: basis and approaches. In: *Bioupravlenie-4: Teoriya i praktika* [Biofeedback-4: Theory and Practice]. Novosibirsk, 2002, pp. 142-151.

9. Сороко С. И., Бекшаев С. С., Рожков В. П. ЭЭГ корреляты генофенотипических особенностей возрастного развития мозга у детей аборигенного и пришлого населения Северо-Востока России // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2012. Т. 98, № 1. С. 3–26.

Soroko S. I., Bekshaev S. S., Rozhkov V. P. EEG correlates of age genophenotypic features of brain development in children native and alien population of the North-East of Russia. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaia akademiia nauk*. 2012, 98 (1), pp. 3-26. [In Russian]

10. Cerniglia L., Zoratto F., Cimino S., Laviola G., Ammanti M., Adriani W. Internet Addiction in adolescence: Neurobiological, psychosocial and clinical issues. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017, 76 (Pt A), pp. 174-184.

11. Chen S., Weng L., Su Y., Wu H., Yang P. Development of a Chinese Internet addiction scale and its psychometric study. *Chinese Journal of Psychology*. 2003, 45, pp. 279-294.

12. Engel A. K., Fries P. Beta-band oscillations - signaling the status quo? *Cur Opin Neurobiol*. 2010, 20 (2), pp. 156-165.

13. Kim N., Hughes T. L., Park C. G., Quinn L., Kong I. D. Altered Autonomic Functions and Distressed Personality Traits in Male Adolescents with Internet Gaming Addiction. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2016, 19 (11), pp. 667-673.

14. Kuss D. J., Griffiths M. D., Binder J. F. Internet addiction in students: Prevalence and risk factors. *Computers in Human Behavior*. 2013, 29 (3), pp. 959-966.

15. Sepede G., Tavino M., Santacroce R., Fiori F., Salerno R. M., Di Giannantonio M. Functional magnetic resonance imaging of internet addiction in young adults. *World J Radiol*. 2016, 8 (2), pp. 210-225.

16. Turel O., Brevers D., Bechara A. Time distortion when users at-risk for social media addiction engage in non-social media tasks. *J Psychiatr Res*. 2018, 2, pp. 84-88.

17. Whang L. S.-M., Lee S., Chang G. Internet over-users' psychological profiles: a behavior sampling analysis on internet addiction. *CyberPsychology and Behavior*. 2003, 6, pp. 143-150.

18. Yoo H. J., Cho S. C., Ha J. Attention deficit hyperactivity symptoms and Internet addiction. *Psychiatry & Clinical Neurosciences*. 2004, 58, pp. 487-494.

19. Young K. S. Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. *CyberPsychology and Behavior*. 1998, 1, pp. 237-244.

#### Контактная информация:

Дёмин Денис Борисович — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврёрова Уральского отделения Российской академии наук

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249  
E-mail: denisdemin@mail.ru