

17. *Тенцова А.И., Алюшин М.Т.* Полимеры в фармации. - М., 1985. - С. 7-8.
18. *Федоров С.Н. и др.* Первый опыт хирургического лечения тяжелой посттравматической патологии с использованием коллагеновых аллаимплантантов // Офтальмология. - 1996. - № 1. - С. 14-17.
19. *Федоров С.Н., Егорова Э.В., Тимошкина Т.Н.* Анализ клинико-функциональных результатов имплантации интраокулярных линз из сополимераколлагена // Офтальмохирургия. - 1994. - № 3. - С. 3-8.
20. *Федоров С.Н. и др.* Коррекция афакии методом имплантации ИОЛ из нового биосовместимого материала-сополимера коллагена // Офтальмохирургия. - 1993. - № 2. - С. 24-29.
21. *Федоров С.Н., Ашихмова С.Ю., Тимошкина Н.Т., Манцорф Ф.С.* Имплантация эластичных ИОЛ из сополимера коллагена на поверхность стекловидного тела при экстракции травматических катаракт // Офтальмохирургия. - 1994. - № 4. - С. 3-8.
22. *Чайковский Е.А., Истранов Л.П.* Коллаген в технологии лекарственных форм и изделий для офтальмологии // Фармация. - 1990. - № 4. - С. 81-83.

## **ПАТТЕРНОВАЯ БИОУПРАВЛЯЕМАЯ СИСТЕМА ЦВЕТОСТИМУЛЯЦИИ**

*Ф.А. Пятакович, Т.И. Якунченко,  
Н.И. Куриленко, Ю.И. Афанасьев,  
Ю.Б. Хашана*

Неблагоприятные экологические факторы, социальная напряженность в обществе, большие информационные нагрузки, повышение ответственности в системах управления производством оказывают существенное влияние на психофизиологические процессы. Эти влияния могут вызвать эмоциональное напряжение, патологические сдвиги высшей нервной деятельности и функционального состояния сердечно-сосудистой системы.

В последние годы наряду с психофармакологическими средствами компенсации распространен аутотренинг, биоуправление с аппаратной обратной связью. При этом произвольная направленная модификация структуры электрофизиологических сигналов осуществляется с использованием непрерывной зрительной обратной связи: или в виде аналогового сигнала, или в виде изменяющейся полосы, зоны, светового пятна, окрашенного различным цветом, но точно соответствующего заданным параметрам регулирования [17].

Применение технических средств, позволяющих предъявлять информацию о физиологических функциях, не является единственным направлением инструментальных способов обучения приемам саморегуляции. Так, [4] был предложен прибор «Релаксатор», реализация терапевтического воздействия которого основана на принципах принудительного навязывания ритма.

Большое внимание уделяется разработке и внедрению методов направленной биокоррекции функциональных изменений центральной нервной системы человека. При этом обычно используют либо электрические импульсы, либо сенсорные заданной частоты, которые подаются в мозг посредством электродов, либо при помощи частотной фотостимуляции. Впервые [13, 2] реализовали подобный подход. Им удалось наблюдать специфический феномен, формирующийся за счет так называемых искусственных стабильных функциональных связей (АСФС).

Исследователи, занимавшиеся изучением физиологических эффектов фотостимуляции, обратили внимание на их связь с субъективным и объективным статусом испытуемых. Однако

результаты этих наблюдений не однозначны. Так, одни под влиянием фотостимуляции обнаружили положительные функциональные сдвиги, другие – отрицательные [5, 23].

Было показано также, что управление ритмами ЭЭГ вызывает изменения мышечного тонуса и психического состояния испытуемых. В процессе биоуправления альфа-ритмом человека формируется новое функциональное состояние [24].

В подобных системах испытуемый должен сам видоизменить свое состояние таким образом, чтобы оно соответствовало видимым им на мониторе параметрам обратной связи. При таком подходе требуются огромные затраты времени на поиск адекватного состояния, к тому же не все испытуемые могут успешно его отыскать. Поэтому не случайно этот метод не нашел широкого клинического применения, а используется лишь на ограниченном контингенте пациентов, таких, например, как спортсмены и полярники антарктических экспедиций [22].

### *Материалы и методы исследования*

В связи с сказанным нами была разработана биотехническая система с принудительным навязыванием высокоадаптивного паттерна ЭЭГ, смоделированного в виде последовательности цветowych импульсов, подаваемых через оптический канал связи испытуемого. При разработке биоуправляемой системы цветостимуляции мы исходили из того, что в литературе существуют многочисленные наблюдения связи альфа-ритма со зрением. В затылочных областях мозга альфа-ритм, как известно, наиболее представлен [1]. Поскольку управление ритмами ЭЭГ, должно производиться при открытых глазах испытуемых, нами были приняты во внимание результаты специальных исследований о влиянии зрительных раздражений на цветовосприятие в сетчатке [3], а также на состояние альфа-ритма [18, 21, 17, 19].

Рассматриваемая биотехническая система [8] включает микро-ЭВМ типа IBM PC AT, хрономодуль и интерфейс с ЭВМ [10], а также программное средство.

Хрономодуль содержит датчики, имеющие надежную гальваническую развязку с пациентом и служащие для получения диагностической информации о состоянии больного [7], а также для синхронизации и биоуправления воздействия [11, 12, 16].

Функциональная часть системы включает математическую обработку электрофизиологической и общеклинической информации, в качестве которой используют межпульсовый интервал, фазы дыхательного цикла, уровень артериального давления, массу тела, ЖЕЛ, формулу крови, а также результаты психологического тестирования [6]. Функциональное назначение программного средства заключается в предъявлении цветowych импульсов света определенной частоты, скважности и интенсивности. Комбинации частот и последовательность смены цветовспышек определяют различные формулы воздействия: релаксацию, стимуляцию, гармонизацию, стабилизацию – и осуществляются в двух режимах – мягком и интенсивном. Предъявляемым объектом являются два овала (95 x 95 мм), расположенных симметрично в верхних  $2/3$  экрана. Длительность импульса и паузы характеризует цикличность воздействия и формируется в виде исходных данных в диапазоне от 0,01 до 1,0 с. Число повторений цикла изменяется в соответствии с периодом биоритмов пациента, задаваемых количеством ударов пульса. Общая длительность сеанса цветостимуляции может изменяться в пределах от 1 до 30 мин. с дискретностью в 1 мин.

Импульс синхронизации появляется на экране в такт ударам пульса в виде прямоугольника, внутри которого индуцируется частота сердечных сокращений. Управление интенсивностью воздействия осуществляется путем циклического изменения освещенности экрана от светло-серого до черного цвета.

Для проведения исследований, связанных с выявлением влияний монохромной и полихромной цветостимуляции на динамику параметров электроэнцефалограммы, нами было разработано программное средство [9], позволяющее реализовывать различные формы воздействий: в динамике нарастающей частоты от 1 до 14 Гц и в динамике убывающей частоты от 14 до 1 Гц, при любой фиксированной частоте, а также в виде последовательных импульсов разного цвета строго фиксированных частот.

Оценка эффективности курсового лечения при помощи биоуправляемой цветостимуляции проводилась у 215 человек, среди которых было 25% женщин и 75% мужчин. У всех отмечены различные функциональные нарушения центральной нервной системы. В группу больных вошли 20 человек с невротами и невротическими состояниями, 17 – с атрофией зрительного нерва различной этиологии. Контрольная группа в 178 человек – студенты Белгородского университета и Курского технического университета – обследована дважды: в период до и после управляемой цветостимуляции перед сдачей ответственного экзамена. Возраст больных колебался от 13 до 60 лет, средний возраст здоровых составил 19 лет.

### *Результаты исследования и их обсуждение*

В процессе проведенных исследований было выявлено наличие как общих механизмов, так и существенно различающихся по способу усвоения одних и тех же частот, но разных цветовых стимулов. В частности, при компьютерной цветостимуляции, независимо от использованного цвета, плавное изменение частоты всплеск от 1 до 14 Гц вызывает нелинейные эффекты усвоения ритма на электроэнцефалограмме: на фоне доминирующего ритма на ЭЭГ отмечаются несколько других пиков спектральной плотности. При использовании спектрального анализа ЭЭГ для выявления функциональной значимости различных ритмов ЭЭГ для регуляции состояний организма были подтверждены установленные ранее факты [9] о том, что наибольшую информацию несут тета- и альфа-ритм, корреляционно связанные с тем или иным психологическим профилем личности [15].

Последовательные цветовспышки (желтый-голубой-синий) в ритмах паттерна ЭЭГ при сочетании высокочастотных составляющих альфа-ритма и высокочастотных составляющих бета-ритма (формула гармонизации) обуславливают достоверную ( $P < 0.05$ ) трансформацию исходного паттерна.

Спектральный анализ ЭЭГ в фоновом периоде выявил наличие пиков в области 2,2 Гц (37 Мкв); 5,2 Гц (24 Мкв); 11,2 Гц (31 Мкв). В периоде после фотостимуляции пики активности отмечались в области частот 3,5 Гц (29 Мкв); 7,2 Гц (25 Мкв); 11,4 Гц (39 Мкв). Таким образом, спектральный анализ свидетельствует о перестройке паттерна ЭЭГ в левой затылочной доле с появлением высокочастотных составляющих в диапазонах дельта- и тета-ритмов. Структурные особенности временной упорядоченности ЭЭГ в ходе перестройки паттерна ЭЭГ на тот или иной цветостимул зависели от стабилизации взаимосвязей между отдельными ритмами в системе или их дестабилизации: цветостимуляция красным, голубым, синим и фиолетовым светом осуществляется за счет снижения энтропии в системе, а цветостимуляция светло-синим и зеленым светом сопровождается возрастанием энтропии ритма ЭЭГ. В первом случае система характеризуется достаточной жесткостью и высокой репродуктивностью, иначе говоря, высокой предсказуемостью последующей структуры паттерна ЭЭГ. Во втором случае, напротив, система имеет больше степеней свободы и вероятность предсказать каждое последующее состояние ниже. Однако эти различия в структуризации ритма ЭЭГ нельзя рассматривать с позиции хуже – лучше, а необходимо оценивать лишь с позиций оптимизации структуры. В процессе адаптации к изменяющимся условиям оптимизация структуры ЭЭГ происходит в точном соответствии с правилом

«золотого сечения»: вероятность непредсказуемости системы составляет 0,38 и вероятность репродуктивности – 0,62. Эти «золотые параметры» определяют резерв или диапазон приспособительной реакции: приближение к нему уменьшает, а удаление от него расширяет регуляторные возможности в системе [14].

Таким образом, проведенные исследования показали, что цветовая фотостимуляция вызывает дифференцированные изменения временной упорядоченности ЭЭГ. Динамика показателей в процессе трансформации паттерна ЭЭГ свидетельствует о возможности направленно изменять уровень адаптации нейродинамических процессов мозга, а следовательно, влиять на межсистемные взаимоотношения и, как следствие этого, обеспечивать коррекцию различных функциональных нарушений.

Представляло интерес рассмотреть результаты влияния данного способа воздействия на общий адаптационный синдром. Результаты статистической обработки параметров информационного и спектрального анализов временной упорядоченности пульса, позволяющих делить обследуемых на различные функциональные классы в зависимости от уровня адаптации, представлены в таблице.

Таблица

**Динамика уровня здоровья контрольной группы и больных при воздействии биоуправляемой синхроцветостимуляции (БУС)**

Классы	Больные, %		Контрольные, %		Модуль разности	
	P1-Исход	P2-БУС	P3-Исход	P4-БУС	P1-P2	P3-P4
Функц. перенапряж.	50	15	08	00	35	08
Функц. напряжение	46	65	36	09	19	27
Норм. гомеостаз	04	20	49	91	16	42
Астенизация	00	00	07	00	00	07
D(xi) = Сумма полуразности 70 x 0,5 = 35% 84 x 0,5 = 42%						

Из представленных в таблице данных следует, что воздействие с помощью рассматриваемой цветостимуляции приводит к достоверным сдвигам в состоянии уровня адаптации испытуемых, а именно: снижается количество больных с функциональным перенапряжением и возрастает процент лиц, имеющих нормальный гомеостаз. Анализ полученных данных показал, что уровень функционального напряжения и перенапряжения связан со степенью мобилизации адренергических механизмов регуляции. Так оказалось, что в группе больных в классе функционального перенапряжения преобладают пациенты с выраженным и резко выраженным преобладанием симпатической нервной системы. В классе с нормальной адаптацией, которая достоверно чаще встречается у лиц контрольной группы, отмечают сбалансированное влияние симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы.

В периоде после воздействия по предложенному способу достоверно уменьшилось число больных с резко выраженным и выраженным преобладанием симпатической нервной системы и увеличилось число лиц с умеренным преобладанием симпатической нервной системы в регуляции и нормальным вегетативным гомеостазом. Подобная динамика отражает уменьшение степени нервно-эмоционального напряжения в процессе курсового воздействия цветостимуляцией. Регрессия клинических проявлений в виде нормализации сна, исчезновения раздражительности, тревожности, улучшения настроения полностью подтверждает данные выводы.

У лиц контрольной группы достоверная динамика отмечена лишь в диапазоне выраженного и умеренно-выраженного преобладания симпатической нервной системы. В периоде после воздействия достоверно чаще встречается умеренное преобладание в регуляции симпатической нервной системы. В других диапазонах имеющаяся динамика мало информативна. Таким образом, воздействие цветостимуляции у здоровых лиц сопровождается изменением вегетативного статуса, в основном, у имеющих его существенные отклонения в фоне.

### *Заключение*

Рассматриваемая нами система цветостимуляции обладает эффектом коррекции функциональных состояний и при своей реализации не требует использования столь трудоемких и не всегда успешных приемов аутотренинга и авторегулирования [12, 14]. Достигается это благодаря тому, что паттерн ЭЭГ смоделирован в виде частотного диапазона разных цветовых стимулов, обеспечивающих усвоение его на основе резонансных эффектов. Оптимизация структуры паттерна ЭЭГ в каждой формуле воздействия осуществлена на основе правила золотой пропорции, обеспечивающего системе достаточную жесткость и высокую репродуктивность, иначе говоря, высокую предсказуемость последующей структуры регулирующего паттерна ЭЭГ. Импульс синхронизации фокусирует внимание пациента и тем самым способствует закреплению сенсорной информации в долгосрочной памяти, в которой фиксируется матрица с ключевой информацией в виде частоты импульсного раздражения, а с другой стороны, служит оперативной информацией о состоянии пациента. Не исключено также, что изменяемая в такт пульсу и дыханию интенсивность воздействия способствует формированию энграмм долгосрочной памяти. Заложенная в систему возможность изменять структуру дыхательного цикла позволяет направленно корректировать психоэмоциональное состояние в заданном направлении.

### *Библиографический список*

1. Ананин В.Ф. Биорегуляция человека. - М. 1997. - Т. 6. - 150 с.
2. Бережкова Л.В., Смирнов В.М. Динамика сверхмедленной ритмической активности мозга при формировании и активации артифициальных стабильных функциональных связей // Физиология человека - 1981 - Т. 7 - №5 - С. 897-908.
3. Зимачев А.М. и др. Хроматическая составляющая электроретинограммы лягушки // Высшая нервная деятельность. - 1986 - Т. 36. - Вып. 6 - С. 1100-1107.
4. Мельников Л.Н. Прибор «Релаксатор» для снятия нервного напряжения // Проблемы адаптации человека к длительному космическому полету в трудах К.Э. Циолковского и современность. Труды 12 - 13-х чтений. Калуга, 1977 - 1978. Секция «Проблемы космической медицины и биологии» - М., 1979 - С. 169-174.
5. Петренко Е.Т., Заркешев Э.Г. Влияние фотостимуляции разного цвета на рабочую электроэнцефалограмму и эффективность движений человека // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова - 1989 - Т. 39. - №4. - С. 746-748.
6. Пятакович Ф.А. Циклически управляемая бинокулярная синхроцветостимуляция // Циклические процессы в природе и обществе. Материалы Второй Международной конференции «Циклические процессы в природе и обществе» и Третьего Международного семинара «Золотая пропорция и проблемы гармонии систем» - Ставрополь, 1994 - С. 66-70.
7. Пятакович Ф.А., Колков А.И., Якунченко Т.И. Моделирование структурно-функциональной организации ритма сердечных сокращений в оценке состояний человека методом «золотого сечения» // Моделирование в клинической практике. Республ. сб. науч. трудов - Москва, 1988 - С. 130-135.

8. *Пятакович Ф.А., Пронин В.Т., Якунченко Т.И.* Биоправляемый синхроцветозвукостимулятор // Свидетельство №3093 от 16.11.1996 г. Опубл. бюл. №11 от 16.11.1996 г.
9. *Пятакович Ф.А., Пронин В.Т.* Программное обеспечение биотехнической системы бинокулярной цветостимуляции. // Российская научно-техническая конференция «Материалы и упрочняющие технологии-94»: Тезисы и материалы докл. - Курск, 1994. - С. 121-124.
10. *Пятакович Ф.А.* Диагностический модуль в биотехнической системе синхроцветостимуляции // Сборник материалов 2-й международной конференции «Распознавание». - Курск, 1995. - С. 155-157.
11. *Пятакович Ф.А.* Решение задач диагностики в микропроцессорном варианте синхропульсара // Сборник материалов 2-й международной конференции «Распознавание». - Курск, 1995. - С. 157-159.
12. *Сороко С.И., Мусуралиев Т.Ж.* Возможности направленных перестроек параметров ЭЭГ у человека с помощью метода адаптивного биоуправления // Физиология человека. - 1995. - Т.21. - № 5. - С. 5-17.
13. *Смирнов В.М., Бородкин Ю.С.* Артифициальные стабильные функциональные связи. - Л.: Медицина, 1979. - 192 с.
14. *Черниговская Н.В., Мовсянц С.А., Тимофеева А.Н.* Клиническое значение адаптивного биоуправления - Л: Медицина, 1982.
15. *Юрлин Л.А.* Типологические характеристики личности в показателях структуры спектров ЭЭГ: Автореф. дис... канд. мед. наук. - Курск, 1993. - 35 с.
16. *Якунченко Т.И., Пронин В.Т., Фоменко А.И.* Синхронизация и биоуправление в хронофизиотерапии // Приборы и приборные системы: Тезисы докл. - Тула, 1994. - С. 87-88.
17. *Beatty J.* Similar effects of feedback signals and instructional information on EEG activity // *Physiol. Behav.* -1972. -Vol.9. -P. 151-154.
18. *Brown B.C.* Recognition of aspects of consciousness through association with EEG alpha activity represented by a light signal. - *Psychophysiology.* 1970. - V. 6. - № 4. - P. 442-452.
19. *Lynch J.L., Paskewitz D.A., Orne M.T.* Some factors in the feedback control of human alpha rhythm. - *Psychosomat. Med.*, - 1974. - V. 36. - P. 309-410.
20. *Lynch J.J., Paskevitz D.A.* On the mechanisms of the feedback control of human brain-wave activity // *Brain/mind integration. Essential readings biofeedback/Eds Paper E, Ancoli S., Quinn W.N.Y.*: L.: Plenum Press, 1979. - P. 325-337.
21. *Milholland T., Peper E.* Occipital alpha and accommodative vergence pursuit tracking and fast eye movements. - *Psychophysiology.* - 1971. - V. 8. P. 556-575.
22. *Natary K., Shurley J.T., Joern A.T.* Interpersonal relationships, job satisfaction and subjective feelings of competence: their influence upon adaptation to Antarctic isolation // *Polar Human Biology.* Eds. Edholm O.G. and Gunderson E.K. - London, 1973. - P. 384-400.
23. *Oren D.A., Brainard G.C., Jonhston S.H. et al.* Treatment of seasonal affective disorders with green light and red light // *Amer.J. Psychiat.* - 1991. - V.148. - №4. - P. 509-516.
24. *Sterman H.B.* Neurophysiologic and clinical studies of sensorimotor EEG biofeedback training: some effects on epilepsy. - In: *Biofeedback: Behav. Med.* - New York, London, 1973. - P. 147-165.

# БИОУПРАВЛЕНИЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ЦВЕТОСТИМУЛЯЦИИ

