



# ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ И НЕЙРОПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРНЫХ ФУНКЦИЙ МОЗГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОТКЛОНЕНИЙ ПОВЕДЕНИЯ У ПОДРОСТКОВ

## **КОРНЕЕВ А.А.**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»); Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com)

## **ЗАХАРОВА М.Н.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: [voronova-m@mail.ru](mailto:voronova-m@mail.ru)

## **КУРГАНСКИЙ А.В.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО); Институт общественных наук Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (ИОН РАНХиГС), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: [akurg@yandex.ru](mailto:akurg@yandex.ru)

## **ЛОМАКИН Д.И.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: [lomakindima4@gmail.com](mailto:lomakindima4@gmail.com)

## **МАЧИНСКАЯ Р.И.**

*Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация*  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: [reginamachinskaya@gmail.com](mailto:reginamachinskaya@gmail.com)

В работе представлены результаты построения прогностической модели возникновения отклоняющегося поведения на основе нейрофизиологических и нейропсихологических показателей регуляторных функций мозга у подростков. Использовались данные о состоянии регуляторных систем (РС) головного мозга, полученные в результате экспертного анализа паттернов ЭЭГ, данные о состоянии управляющих функций (УФ), полученные на основании нейропсихологического обследования и результатов выполнения компьютеризированных диагностических методик. В исследовании приняли участие 166 подростков, 69 из них — с признаками отклоняющегося поведения. С помощью логистического регрессионного анализа показано, что значимыми предикторами отклоняющегося поведения могут быть как ЭЭГ-признаки неоптимального функционирования РС, так и нейропсихологические показатели снижения эффективности УФ. Анализ результатов компьютерной диагностики управляющих функций у участников исследования указывает на их слабую прогностическую силу. Предложена общая прогностическая модель оценки вероятности развития отклоняющегося поведения в подростковом возрасте, основанная на включении в анализ всех трех групп методов — анализа пат-



тернов ЭЭГ, данных о состоянии управляющих функций (УФ), полученных с помощью нейропсихологического обследования и компьютерных методик.

**Ключевые слова:** подростки, отклоняющееся поведение, ЭЭГ, нейропсихология, логистическая регрессия.

**Финансирование.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта № 17-06-00837-ОГН.

**Для цитаты:** Корнеев А.А., Захарова М.Н., Курганский А.В., Ломакин Д.И., Мачинская Р.И. Прогностическое значение электроэнцефалографических и нейропсихологических показателей состояния регуляторных функций мозга для оценки вероятности отклонений поведения у подростков // Экспериментальная психология. 2021. Том 14. № 1. С. 135–150. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140106>

# PROGNOSTIC VALUE OF ELECTROENCEPHALOGRAPHIC AND NEUROPSYCHOLOGICAL INDICATORS OF THE STATE OF REGULATORY FUNCTIONS OF THE BRAIN TO ASSESS THE LIKELIHOOD OF BEHAVIORAL ABNORMALITIES IN ADOLESCENTS

**ALEKSEI A. KORNEEV**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com)

**MARINA N. ZAKHAROVA**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia,*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: [voronova-m@mail.ru](mailto:voronova-m@mail.ru)

**ANDREI V. KURGANSKY**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: [akurg@yandex.ru](mailto:akurg@yandex.ru)

**DMITRII I. LOMAKIN**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia,*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: [lomakindima4@gmail.com](mailto:lomakindima4@gmail.com)

**REGINA I. MACHINSKAYA**

*Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia*

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: [reginamachinskaya@gmail.com](mailto:reginamachinskaya@gmail.com)

The paper presents the results of a prognostic model of the occurrence of deviant behavior based on neurophysiological and neuropsychological indicators of behavioral regulation functions in adolescents. We used data on the state of the regulatory systems of the brain obtained on the basis of EEG analysis, data on the state of brain executive functions (EF), obtained on the basis of a neuropsychological examination, and the results of computer tests aimed at evaluating various components of attention. The study involved 166 adolescents, 69 of them with signs of deviant behavior. Using logistic regression analysis, it



was shown that EEG-signs of suboptimal RS performance and evaluation of individual EF components (i.e. the ability to form and maintain an acquired action plan, signs of inertia and perseveration) can be significant predictors of deviant behavior. Computer test results showed poor predictive ability. A general model is also proposed that includes predicted probabilities of adolescents belonging to a group with signs of deviant behavior based on the results of using all three methods. A prognostic accuracy of the model is quite high.

**Keywords:** adolescents, deviant behavior, EEG, executive functions, logistic regression analysis.

**Funding.** The reported study was funded by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), project number 17-06-00837-OGN.

**For citation:** Korneev A.A., Zakharova M.N., Kurgansky A.V., Lomakin D.I., Machinskaya R.I. Prognostic Value of Electroencephalographic and Neuropsychological Indicators of the State of Regulatory Functions of the Brain to Assess the Likelihood of Behavioral Abnormalities in Adolescents. *Экспериментальная психология = Experimental Psychology (Russia)*, 2021. Vol. 14, no. 1, pp. 135–150. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2021140106> (In Russ.).

## Введение

В подростковом возрасте происходят изменения, связанные, с одной стороны, с качественными преобразованиями всех физиологических систем организма [3; 7], а с другой — с существенными изменением социально-психологического контекста, в котором оказывается подросток. Такого рода изменения могут приводить к снижению порогов физиологических и психологических реакций на стресс и повышать вероятность возникновения различных проявлений отклоняющегося (девиантного) поведения [15; 20].

В литературе, посвященной психологии отклоняющегося поведения подростков, подробно обсуждаются личностные и социально-психологические предпосылки его возникновения [10; 31]. В нейрокогнитивных исследованиях причины отклоняющегося поведения у подростков связывают с дисбалансом в функционировании различных регуляторных систем мозга (РС) [30]. Согласно представлениям о последствиях появления дисбаланса между РС мозга, обеспечивающими мотивационные компоненты поведения, и системами когнитивного контроля [16; 24], в аффективно нагруженных ситуациях подростки в большей степени склонны принимать импульсивные решения по сравнению с детьми и взрослыми; результатом такого импульсивного и рискованного поведения может стать нанесение вреда здоровью, а также трудности адаптации [29].

Цель настоящего исследования состояла в определении индивидуальных особенностей регуляторных функций мозга, которые могут быть предикторами склонности подростков к девиантному поведению.

Индивидуальные особенности регуляторных функций мозга можно оценить на основе анализа суммарной электрической активности мозга — электроэнцефалограммы [27]. Один из методов — экспертная оценка специфических паттернов ЭЭГ, характеризующих неоптимальное состояние определенных глубинных и корковых структур мозга в состоянии покоя — структурный анализ ЭЭГ (см. подробное описание в наших работах [9; 11]). Он позволяет определить индивидуальные признаки неоптимального состояния различных регуляторных структур мозга на макроуровне и затем сравнить частоту представленности определенных отклонений функционирования РС в различных выборках, а также



сопоставлять результаты ЭЭГ исследования с результатами поведенческих, в частности, нейропсихологических методов (см. сравнительное исследование [9]).

Качественный нейропсихологический анализ, основанный на принципах системного подхода А.Р. Лурии, позволяет исследовать эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля деятельности как управляющих функций мозга (УФ) на поведенческом уровне. Применение методов нейропсихологии в исследованиях индивидуальных особенностей подростков с проявлениями отклоняющегося поведения, несмотря на потенциальную продуктивность, носит фрагментарный характер [см., например: 5]. Так, в указанной работе анализируются особенности профилей латерализации функций головного мозга у подростков с признаками отклоняющегося поведения, но при этом никак не обсуждаются УФ, в то время как данные других исследований свидетельствуют о взаимосвязи дефицитарности УФ и проявлений девиантного поведения [19; 23].

Для количественной оценки различных компонентов когнитивной деятельности, в том числе УФ, у подростков со склонностью к девиантному поведению используются также компьютеризированные нейропсихологические тесты, например, автоматизированная батарея САНТАВ (Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery) [17].

Междисциплинарный подход, в рамках которого проводится настоящее исследование, предполагает применение различных методов (ЭЭГ, нейропсихологическое обследование, компьютерное тестирование УФ) для анализа регуляторных функций мозга как возможных предикторов риска отклоняющегося поведения [9]. Одним из возможных статистических методов анализа и отбора таких предикторов является метод логистической регрессии [см., например: 21].

Задача данного исследования состояла в анализе степени применимости индивидуальных оценок функционального состояния РС мозга и УФ к прогнозированию вероятности отнесения подростка к группе риска с точки зрения склонности к отклоняющемуся поведению, а также в нахождении наиболее оптимальных в отношении составления прогноза сочетаний таких оценок.

## Методика

### **Выборка**

В исследовании приняли участие две группы подростков, учащихся школ г. Москвы и г. Жуковского. В группу с признаками отклоняющегося поведения вошли подростки, имеющие поведенческие и эмоциональные проблемы в школе и дома (данные были собраны с помощью школьных психологов), далее группа D (69 человек, средний возраст  $14,4 \pm 1,08$ , 19 девочек). В контрольную группу вошли подростки без признаков отклоняющегося поведения, далее группа N (97 человек, средний возраст  $14,2 \pm 1,28$ , 41 девочка). Все испытуемые и их родители подписали письменное согласие на участие в исследовании.

В обеих группах подростков было проведено анкетирование с помощью опросника «Диагностика склонности к отклоняющемуся поведению (СОП)» [12] и методики диагностики эмоциональных и поведенческих проблем у детей и подростков Т. Ахенбаха Youth Self Report (YSR), адаптированной для русскоязычной популяции [32]. Межгрупповые сравнения результатов анкетирования по t-критерию Стьюдента выявили значимо более высокие баллы в группе D по шкалам склонности к преодолению норм и правил ( $t(164) = -4,420$ ;  $p < 0,001$ ), к агрессии и насилию ( $t(164) = -5,040$ ;  $p < 0,001$ ), к делинквентному поведению ( $t(164) = -4,996$ ;  $p < 0,001$ ) и слабости волевого контроля эмоциональных реакций ( $t(164) = -2,853$ ;  $p = 0,005$ ) ме-



тодики СОП, а также по шкалам «Делинквентность» ( $t(164)=-5,150$ ;  $p<0,001$ ) и «Агрессия» ( $t(164)=-4,708$ ;  $p<0,001$ ) опросника YSR.

Оценка функционального состояния РС мозга основывалась на визуальном экспертном анализе паттернов ЭЭГ в состоянии покоя. ЭЭГ регистрировалась с помощью электроэнцефалографа (Electrical Geodesics, Inc, США) в полосе частот 0,1–70 Гц (частота оцифровки – 250 Гц). Принципы этого анализа и выделяемые ЭЭГ паттерны подробно описаны в нашем предыдущем исследовании [8]. Определялись наличие и степень выраженности ЭЭГ-признаков неоптимального состояния следующих РС: 1) фронто-таламической системы (ФТС); 2) диэнцефальных (гипоталамических) отделов; 3) лимбической системы; 4) лобно-базальных структур; 5) лобных и/или лобно-височных отделов левого полушария. Использовалась следующая шкала: 1 – отсутствие изменений данного генеза, 2 – наличие негрубых изменений в фоновой ЭЭГ, 3 – наличие выраженных изменений в фоновой ЭЭГ в виде высокоамплитудных и/или пароксизмальных паттернов.

Особенности состояния УФ оценивались с помощью качественного нейропсихологического обследования [1], на основании которого рассчитывались интегральные показатели дефицита УФ (см. подробнее: Семенова и др., 2015): 1) трудности усвоение инструкций; 2) трудности формирования стратегии деятельности; 3) импульсивность; 4) персеверации; 5) инертность; 6) трудности длительного поддержания усвоенной программы; 7) трудности контроля текущей деятельности. Данные показатели оценивались с помощью следующих единиц измерения: 0 – наилучшее, 1 – наихудшее состояние функции.

Для количественной оценки эффективности УФ у подростков использовались компьютерные методики: тест Струпа [27]; корректурная проба Бурдона, состоящая из трех серий [6]; двухцветные таблицы Шульте–Горбова [4].

Общий уровень развития интеллекта оценивался с помощью компьютерного варианта теста «Цветные прогрессивные матрицы Равена». Все компьютерные методики были выполнены в системе «Практика МГУ» [2].

### **Обработка результатов и анализ данных**

Для оценки согласованности изучаемых параметров и вероятности возникновения отклонений поведения применялась биномиальная логистическая регрессия, в которой в качестве независимых переменных использовались перечисленные выше параметры, а в качестве зависимой переменной – бинарная переменная принадлежности индивида к группе N или D. Метод позволяет оценить влияние предикторов на вероятность принадлежности испытуемого к группе D, а также рассчитать модельную вероятность принадлежности к ней для каждого испытуемого. Сопоставив эти вероятности с полученными данными, можно оценить точность прогноза модели [с подробным описанием этого метода можно ознакомиться в работах: 13; 26]. В настоящем исследовании результаты биномиальной регрессии описаны коэффициентом регрессии (b), его стандартной ошибкой (se) и оценкой значимости отличия коэффициента от нуля. Качество модели оценивалось с помощью R<sup>2</sup> Нэйджелкерка (аналога коэффициента детерминации R<sup>2</sup> в линейном регрессионном анализе) и критерия хи-квадрат ( $\chi^2$ ), который характеризует статистическое отличие модели с включением изучаемых параметров (предикторов) от «нулевой» модели без включения последних. Использовались методы *автоматической пошаговой регрессии* (в данном случае наиболее значимые со статистической точки зрения параметры – предикторы отбираются алгоритмически) и *иерархической логистической регрессии* с построением набора вложен-



ных моделей и последовательным добавлением различных показателей и оценкой изменения модели.

## Результаты

Анализ проводился в два этапа. На первом этапе основная задача состояла в определении наиболее существенных предикторов склонности к отклоняющемуся поведению.

### *Анализ результатов электроэнцефалографического обследования*

В этой части в качестве независимых переменных использовались полученные слепым методом экспертные оценки наличия и степени выраженности ЭЭГ-изменений определенного генеза на индивидуальных кривых ЭЭГ (см. описание методики).

Для отбора оптимальных предикторов мы использовали пошаговый логистический регрессионный анализ (прямой пошаговый метод Вальда). Была получена модель, включающая в себя 4 предиктора (за исключением ЭЭГ-изменений диэнцефального генеза), оценки итоговой модели оказались достаточно хорошими:  $\chi^2(4) = 51,868$ ;  $p < 0,001$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,361. Точность отнесения испытуемых к той или иной группе на основании этой модели составила 73,5%.

Для проверки существенности вклада каждого из выделенных типов неоптимального функционирования РС мы провели дополнительный иерархический логистический анализ с последовательным добавлением ЭЭГ-паттернов (в качестве предикторов) и произвели оценку изменения модели. Порядок включения регистрируемых показателей неоптимального функционирования РС (каждая следующая модель включала показатели из предыдущих):

- 1) лимбические;
- 2) фронто-таламические;
- 3) передне-височные отделы левого полушария;
- 4) лобно-базальные;
- 5) диэнцефальные (гипоталамические) отделы.

Оценки качества моделей приведены в табл. 1.

Таблица 1

### Результаты иерархического логистического анализа для ЭЭГ-показателей неоптимального функционирования РС

Сочетание ЭЭГ-паттернов	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
Лимбические	28,814 ( $p < 0,001$ )	0,215	71,1
+ Фронто-таламические	4,603 ( $p = 0,032$ )	0,245	71,1
+ Передне-височные отделы левого полушария	9,304 ( $p = 0,002$ )	0,305	71,7
+ Лобно-базальные	9,147 ( $p = 0,002$ )	0,361	73,5
+ Диэнцефальные (гипоталамические) отделы	2,969 ( $p = 0,085$ )	0,379	71,7

*Примечание:* здесь и далее в таблицах  $\chi^2$  отражает значимость улучшения модели по сравнению с предыдущей.

Помимо базового вклада ЭЭГ-признаков лимбического происхождения, значимое улучшение модели наблюдается при добавлении признаков неоптимального функцио-





нирования лобно-височных отделов левого полушария, лобно-базальных и фронто-таламических отделов (в порядке убывания значимости). Добавление в модель дизэнцефальных знаков незначимо улучшает качество модели. Таким образом, иерархическая модель подтверждает результаты пошагового анализа, итоговая модель представлена в табл. 2.

Таблица 2

**Итоговая модель для ЭЭГ показателей неоптимального функционирования РС**

ЭЭГ-паттерны	b	se	Значимость
Фронтоталамические	1,236	0,480	0,010
Лимбические	1,637	0,347	<0,001
Лобно-базальные	1,129	0,385	0,003
Передне-височные отделы левого полушария	2,315	0,846	0,006
Константа	-7,937	1,449	<0,001

**Анализ результатов нейropsychологического обследования**

При анализе влияния дефицита различных компонентов УФ, оцениваемых с помощью нейropsychологического обследования, использовался тот же алгоритм, что и в случае анализа результатов ЭЭГ-обследования.

В качестве наиболее существенных предикторов склонности к отклоняющемуся поведению были выделены трудности формирования стратегии деятельности, персеверации, инертность. Оценка модели оказалась достаточно хорошей:  $\chi^2(3) = 43,435$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,310. Для дополнительной оценки роли отдельных нейropsychологических показателей (НПП) был проведен иерархический регрессионный анализ, результаты которого представлены в табл. 3. В него последовательно включались отдельные показатели нейropsychологического анализа, а их порядок был определен на основании результатов предшествующего анализа и содержательных соображений об их взаимосвязи со склонностью к отклонениям в поведении. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты иерархического анализа для НПП состояния УФ**

Сочетание различных НПП	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
Трудности удержания усвоенной программы	24,680 (p<0,001)	0,186	68,7
+Трудности формирования стратегии деятельности	7,723 (p=0,005)	0,239	68,7
+Инертность	7,475 (p=0,006)	0,288	71,7
+Персеверации	5,364 (p=0,021)	0,321	73,5
+Трудности усвоения инструкций	3,344 (p=0,067)	0,342	75,9
+Импульсивность	1,391 (p=0,238)	0,360	74,1
+Трудности контроля текущей деятельности	0,529 (p=0,467)	0,353	75,9

Из табл. 3 видно, что значимый вклад в модель получен для показателей удержания программы, формирования стратегии, инертности и персевераций. Соответственно, ито-



говая модель, на которой мы остановились, включала в себя первые четыре предиктора. Оценки этой модели представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Итоговая модель логистического анализа для НПП состояния УФ**

НПП дефицита УФ	b	se	Значимость
Трудности длительного поддержания усвоенной программы	1,622	0,780	0,038
Трудности формирования стратегии деятельности	1,096	0,542	0,043
Инертность	2,193	0,775	0,005
Персеверации	1,472	0,802	0,066
Константа	-3,003	0,511	0,000

*Примечание:* оценки итоговой модели:  $\chi^2(3) = 45,242$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,321.

**Анализ результатов компьютерных методик**

При анализе результатов оценки состояния управляющих функций с помощью компьютерных методик (КМ) в силу большого количества показателей был проведен отбор наиболее информативных параметров с точки зрения оценки вероятности возникновения признаков отклоняющегося поведения. На этом этапе в каждом из тестов был выделен один показатель, для которого была обнаружена взаимосвязь с вероятностью принадлежности испытуемого к группе D: в корректурной пробе — разница в среднем времени выполнения двух простых и третьего, сложного субтестов; в тесте «Таблицы Шульте» — время выполнения пятой таблицы; в тесте Струпа — время выполнения первой, бесконфликтной, пробы и в прогрессивных матрицах Равена — число правильных ответов.

Пошаговый логистический регрессионный анализ показал, что в модели стоит оставить только два последних показателя (в таком случае  $R^2$  Нэйджелкерка = 0.210). Схожие выводы можно сделать на основании иерархического анализа (табл. 5).

Таблица 5

**Результаты иерархического анализ  
(результаты оценки состояния управляющих функций с помощью КМ)**

Сочетание показателей выполнения КМ	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
Время выполнения первого субтеста Струпа	20,741 (p<0,001)	0,158	65,7
+Число правильных ответов в прогрессивных матрицах Равена	7,470 (p=0,006)	0,210	68,1
+Разница времени выполнения простых и третьего субтестов в корректурной пробе	2,475 (p=0,116)	0,227	70,5
+Время выполнения пятой таблицы Шульте	0,011 (p=0,918)	0,227	70,5

В итоговую модель были включены два показателя — время выполнения первого субтеста Струпа и число правильных ответов в прогрессивных матрицах Равена. Коэффициенты этой модели представлены в табл. 6.





Таблица 6

**Итоговая модель логистического анализа для результатов КМ**

Показатели выполнения КМ	b	se	Значимость
Время выполнения первого субтеста Струпа	-0,061	0,023	0,008
Число правильных ответов в прогрессивных матрицах Равена	0,023	0,008	0,002
Константа	-0,330	1,438	0,818

Приложение: оценки итоговой модели:  $\chi^2(2) = 28,211$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,210.

**Обобщенная модель**

Для получения обобщенной модели оценки влияния комбинации исследуемых показателей на вероятность развития девиантного поведения в качестве предикторов использовались модельные значения вероятности принадлежности испытуемых к группе D, рассчитанные на основании уравнений логистической регрессии на предыдущем этапе: прогнозируемая вероятность, рассчитанная на основании результатов ЭЭГ, результатов нейропсихологического обследования (НП) и показателей состояния когнитивных функций (полученных на основании компьютерных методик). Результаты оценки модели приведены в табл. 7.

Таблица 7

**Результаты итогового иерархического анализа**

Сочетание прогнозируемых вероятностей, рассчитанных для трех типов показателей	$\chi^2$ (знач.)*	$R^2$ Нэйджелкерка	Точность прогноза в процентах
ЭЭГ	50,197 (p<0,001)	0,351	73,5
ЭЭГ + НП	32,085 (p<0,001)	0,526	83,1
ЭЭГ + НП + КМ	10,515 (p=0,021)	0,577	84,3

Добавление показателей состояния управляющих функций по результатам компьютерных методик к объединенному комплексу параметров, выделенных при анализе ЭЭГ и нейропсихологического обследования, значимо, но довольно слабо увеличивают  $R^2$  и точность прогноза. И следовательно, в итоговую модель можно включить параметры всех трех методов оценки регуляторных функций мозга. Коэффициенты итоговой модели представлены в табл. 8.

Таблица 8

**Коэффициенты итоговой модели**

Предиктор	B	SE	Значимость
Предсказанная вероятность по результатам анализа ЭЭГ	5,515	1,038	<0,001
Предсказанная вероятность по результатам нейропсихологического обследования	3,375	1,013	0,001
Предсказанная вероятность по результатам КМ	3,849	1,221	0,002
Константа	-5,758	0,857	<0,001

Примечание: оценки итоговой модели:  $\chi^2(2) = 92,798$ ;  $R^2$  Нэйджелкерка = 0,577; точность прогноза — 84,3%.

На рис. 1 представлены результаты анализа точности оценки принадлежности к группе D, полученные на основании оценки показателей ЭЭГ, показателей, выделенных в ходе



нейропсихологического обследования и диагностики состояния управляющих функций участников исследования с помощью компьютерных методик, и обобщенного показателя, полученного на последнем этапе анализа (рис. 1).

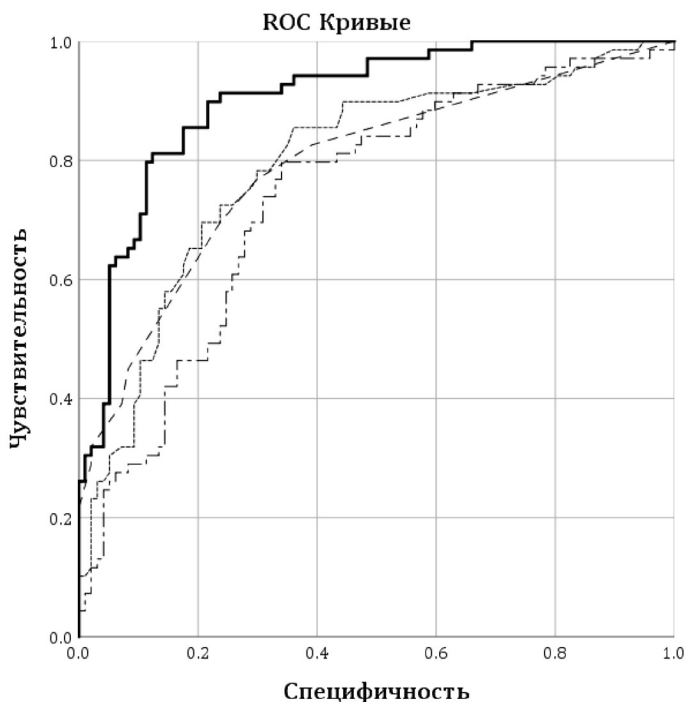


Рис. 1. ROC-кривые определения принадлежности подростков к группе D, полученные на основе использования трех типов данных и обобщенного показателя: штрих-пунктирная линия — прогноз на оценки управляющих функций с помощью компьютерных методик, крупный пунктир — прогноз на основе нейропсихологического обследования, мелкий пунктир — прогноз на основе ЭЭГ, сплошная линия — прогноз на основе оценки всех методов

Показатель AUC (площадь под кривой) составил состояния управляющих функций на основе: КМ — 0,739, для НП — 0,794, для ЭЭГ — 0,791, а для интегрального обобщенного показателя — 0,902. Такой результат свидетельствует о том, что сочетанное использование нескольких методов оценки регуляторных функций позволяет сделать более надежный прогноз — специфичность и чувствительность классификации в этом случае возрастают.

### Обсуждение

Результаты показывают, что данные об особенностях мозговой активности и состоянии когнитивных функций у подростков могут использоваться для оценки вероятности возникновения отклоняющегося поведения, однако данные, полученные с помощью разных методов, обладают разной прогностической силой.

Среди признаков неоптимального функционирования РС мозга наиболее значимым предиктором отклоняющегося поведения являются ЭЭГ паттерны лимбического происхождения: такой результат согласуется с данными нашего предыдущего исследования [9]. В совокупности результаты этих двух исследований свидетельствуют в пользу связи отклоняюще-



гося поведения в подростковом возрасте с неоптимальным состоянием мозговых систем эмоционально-мотивационной регуляции. В литературе можно найти противоречивые данные об особенностях функционирования и развития лимбических систем у подростков. Так, в обзоре [14] приводятся аргументы как «за», так и «против» повышения активации амигдалы при восприятии социально значимой эмоционально окрашенной информации у подростков. В другом обзоре [18] приводятся данные о сниженной по сравнению с предыдущим периодом развития активности амигдалы при восприятии лицевых паттернов, а также сниженной активности тесно функционально связанных с лимбическими структурами медиальных зон префронтальной коры при принятии социально значимых решений. Полученные нами результаты свидетельствуют о негативном влиянии неоптимального функционирования этих отделов мозга на регуляцию поведения и согласуются с результатами фМРТ-исследований подростков [22], демонстрирующих снижение реактивности лимбических структур у испытуемых с проявлениями асоциального и агрессивного поведения при восприятии изображения страха или боли других людей. Также заметную негативную роль могут играть изменения мозговой активности, связанные с неоптимальным состоянием лобно-височных отделов левого полушария, лобно-базальных и фронто-таламических отделов мозга [8]. Результаты настоящего исследования указывают на важную роль неоптимального функционирования глубинных компонентов РС мозга как фактора, увеличивающего вероятность проявлений отклоняющегося поведения. Можно предположить, что сочетание этого фактора с относительной возрастной или индивидуальной незрелостью префронтальных механизмов когнитивного контроля в значительной степени определяет импульсивность подростков и их склонность к рискованным поступкам, которые в результате могут привести к развитию девиантного поведения.

В таком случае нейропсихологическая оценка УФ у подростков также может оказаться информативной с точки зрения прогнозирования возникновения отклоняющегося поведения, о чем свидетельствуют результаты настоящего исследования. Данные других исследований также указывают на возможную роль эффективности УФ в возникновении отклоняющегося поведения [25]. Среди использованных нами переменных, характеризующих дефицит различных компонентов УФ, сложнее, чем при анализе параметров ЭЭГ, выделить доминирующий с точки зрения прогноза показатель (см. табл. 4). Такого рода результат может объясняться недостаточной дифференцированностью нейропсихологических показателей состояния УФ. Значимость данного исследования состоит в подборе оптимального (в рамках имеющихся данных) набора предикторов отклоняющегося поведения, среди которых можно выделить: трудности формирования стратегии деятельности, трудности длительного поддержания усвоенной программы, выраженность инертности и персеверации. В целом, эти признаки могут говорить о дефиците планирования деятельности, с одной стороны, и стереотипности усвоенных программ — с другой.

Относительно слабая прогностическая сила результатов компьютерного тестирования может быть связана с тем, что эти методики предполагают решение многокомпонентных, с точки зрения когнитивных функций, задач; для их решения оказываются важны не только УФ, но и процессы обработки зрительной информации и общий уровень функционального состояния (уровень бодрствования) участника исследования. В этом отношении данные ЭЭГ оказываются более информативными, они специфически связаны с индивидуальными особенностями функционального состояния отдельных корковых и глубинных структур мозга и таким образом могут служить более надежными критериями прогноза возникновения отклоняющегося поведения.



Тем не менее, в итоговую общую модель, для полноты картины, мы включили интегральные показатели трех видов оценки состояния регуляторных функций у подростков. Учет разных факторов, и физиологических, и когнитивных, заметно повышает качество прогноза. В рамках данной работы мы сосредоточились в основном на регуляторных функциях, ответственных, так или иначе, за организацию целенаправленного поведения. Добавление методов оценки других индивидуальных особенностей — личностных, эмоциональных, мыслительных — может сделать прогноз еще более полным и точным.

Отбор участников основной экспериментальной группы (D) осуществлялся на основании заключений школьных психологов, составленных в соответствии с запросами педагогов и/или родителей. В результате группа D могла оказаться разнородной. Такая разнородность выборки может, с одной стороны, затруднить дифференцирование причин возникновения тех или иных проявлений отклонений в поведении, но с другой стороны, позволяет включить в анализ различные варианты отклоняющегося поведения и выделить общие для всех факторы и взаимосвязи между ними.

### Заключение

В результате проведенного исследования был выделен ряд нейрофизиологических и нейропсихологических показателей индивидуальных особенностей РС мозга подростков, обнаруживших взаимосвязь с вероятностью развития девиантного поведения. Данные показатели обладают, таким образом, высокой прогностической точностью и могут быть использованы при оценке риска развития отклоняющегося поведения в подростковом возрасте. Перспективами дальнейших исследований являются поиск и анализ мотивационных и эмоциональных компонентов поведения в качестве критериев составления прогноза развития отклоняющегося поведения и дополнение уже разработанной диагностической модели. Результаты исследования указывают на важность комплексной оценки факторов, которые могут привести к отклоняющемуся поведению у подростков, в том числе на важность оценки индивидуальных особенностей функционального состояния РС мозга.

### Литература

1. Ахутина Т.В., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю. и др. Методы нейропсихологического обследования детей 6–9 лет. М.: В. Секачев, 2016. 278 с.
2. Ахутина Т.В., Кремлёв А.Е., Корнеев А.А., Матвеева Е.Ю., Гусев А.Н. Разработка компьютерных методик нейропсихологического обследования. // Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г. / Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. М.: ООО «Буки Веди»; ИППиП, 2017. С. 486–490.
3. Безруких М.М., Фарбер Д.А. Актуальные проблемы физиологии развития ребенка // Новые исследования. 2014. Том 40. № 3. С. 4–19.
4. Горбов Ф.Д. Детерминация психических состояний // Вопросы психологии. 1971. Том 5. С. 20–29.
5. Гут Ю.Н., Кабардов М.К. Природные и социальные факторы девиантного поведения у подростков // Психологическая наука и образование. 2018. Том 23. № 4. С. 80–90. DOI: 10.17759/pse.2018230408
6. Когнитивная психология: учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина Д.В. Ушакова. М.: ПЕР СЭ. 2002. 480 с.
7. Дубровинская Н.В. Психофизиологическая характеристика подросткового возраста // Физиология человека. 2015. Том 41. № 2. С. 113–122. DOI: 10.7868/S013116461502006X
8. Мачинская Р.И. Управляющие системы мозга // Журнал Высшей Нервной Деятельности имени И.П. Павлова. 2015. Том 65. № 1. С. 33–60.



9. *Мачинская Р.И., Захарова М.Н., Ломакин Д.И.* Регуляторные системы мозга у подростков с признаками девиантного поведения. Междисциплинарный анализ // Физиология человека. 2020. Том 46. № 3. С. 37–55.
10. *Реан А.А.* Факторы риска девиантного поведения: семейный контекст // Национальный психологический журнал. 2015. Том 20. № 4. С. 105–110. DOI: 10.11621/npj.2015.0410
11. *Семенова О.А., Мачинская Р.И., Ломакин Д.И.* Влияние функционального состояния регуляторных систем мозга на эффективность программирования, избирательной регуляции и контроля когнитивной деятельности у детей. Сообщение I. Нейропсихологический и электроэнцефалографический анализ возрастных преобразований регуляторных функций мозга в период от 9 до 12 лет // Физиология человека. 2015. Том 41. № 4. С. 5–17. DOI: 10.7868/S0131164615040128
12. *Фетискин Н.П., Козлов В.В., Мануйлов Г.М.* Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп. М.: Изд-во Института Психотерапии, 2002. 362 с.
13. *Шарашова Е.Е., Холматова К.К., Горбатова М.А., Гржибовский А.М.* Применение множественного логистического регрессионного анализа в здравоохранении с использованием пакета статистических программ SPSS // Наука и здравоохранение. 2017. № 3. С. 5–31.
14. *Blakemore S.J., Choudhury S.* Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition // Journal of Child Psychology and Psychiatry. 2006. Vol 47. № 3–4. P. 296–312. DOI: 10.1111/j.1469-7610.2006.01611.x
15. *Casey B.J., Jones R.M.* Neurobiology of the adolescent brain and behavior: implications for substance use disorders // Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry. 2010. Vol 49. № 12. P. 1189–1201. DOI: 10.1016/j.jaac.2010.08.017
16. *Casey B.J., Tottenham N., Liston C., Durston S.* Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? // Trends in cognitive sciences. 2005. Vol 9. № 3. P. 104–110.
17. *Cauffman E., Steinberg L., Piquero A.R.* psychological, neuropsychological and physiological correlates of serious antisocial behavior in adolescence: the role of self-control // Criminology. 2005. № 1 (43). С. 133–176. DOI: 10.1111/j.0011-1348.2005.00005.x
18. *Crone E.A., Dahl R.E.* Understanding adolescence as a period of social–affective engagement and goal flexibility // Nature Reviews Neuroscience. 2012. Vol 13. № 9. P. 636–650. DOI: 10.1038/nrn3313
19. *Cruz A.R., de Castro-Rodrigues A., Barbosa F.* Executive dysfunction, violence and aggression // Aggression and Violent Behavior. 2020. Vol 51. P. 101380. DOI: 10.1016/j.avb.2020.101380
20. *Dishion T.J., Tipsord J.M.* Peer contagion in child and adolescent social and emotional development // Annual Review of Psychology. 2011. Vol 62. P. 189–214. DOI: 10.1146/annurev.psych.093008.100412
21. *Escario J.J., Wilkinson A.V.* Exploring predictors of online gambling in a nationally representative sample of Spanish adolescents // Computers in Human Behavior. 2020. Vol 102. P. 287–292.
22. *Fairchild G., Hagan C. C., Passamonti L., Walsh N.D., Goodyer I.M., Calder A.J.* Atypical neural responses during face processing in female adolescents with conduct disorder // Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry. 2014. Vol 53. № 6. P. 677–687.
23. *Himmant J.B., Forman-Alberti A.B.* Deviant peer behavior and adolescent delinquency: Protective effects of inhibitory control, planning, or decision making? // Journal of Research on Adolescence. 2019. Vol 29. № 3. P. 682–695.
24. *MacPherson L., Reynolds E.K., Daughters S.B., Wang F., Cassidy J., Mayes L. C., Lejuez C.W.* Positive and negative reinforcement underlying risk behavior in early adolescents // Prevention Science. 2010. Vol 11. № 3. P. 331–342.
25. *Morgan A.B., Lilienfeld S.O.* A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function // Clinical Psychology Review. 2000. Vol 20. № 1. P. 113–136.
26. *Osborne J.W.* Best practices in logistic regression. Los Angeles: Sage Publications, 2014. 488 p.
27. *Reyes A.C., Amador A.A.* Qualitative and quantitative EEG abnormalities in violent offenders with antisocial personality disorder // Journal of Forensic and Legal Medicine. 2009. Vol 16. № 2. P. 59–63.
28. *Scarpina, F., Tagini, S.* The stroop color and word test // Frontiers in Psychology. Vol. 8. P. 557. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00557
29. *Somerville L.H., Casey B.J.* Developmental neurobiology of cognitive control and motivational systems // Current Opinion in Neurobiology. 2010. Vol 20. № 2. P. 236–241. DOI: 10.1016/j.conb.2010.01.006



30. *Steinberg L.* A dual systems model of adolescent risk-taking // *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*. 2010. Том 52. № 3. pp. 216–224.
31. *Tian Y., Yu C., Lin S., Lu J., Liu Y., Zhang W.* Parental psychological control and adolescent aggressive behavior: deviant peer affiliation as a mediator and school connectedness as a moderator // *Frontiers in psychology*. 2019. Vol 10. P. 358.
32. *Vasin G., Lobaskova M., Gindina E.* The Youth Self Report: validity of the Russian version // *SHS Web Conf*. 2016. Vol 29. Art. 02041. DOI: 10.1051/shsconf/20162902041

## References

1. *Akhutina Vol.V., Korneev A.A., Matveeva E.Yu. et al.* Metody neiropsikhologicheskogo obsledovaniya detei 6–9 let [Methods of neuropsychological assessment of children 6–9 years old]. Moskva: V. Sekachev, 2016. (in Russ.).
2. *Akhutina Vol., Kremlev A., Korneev A., Matveeva E., Gusev A. (2017).* *Razrabotka komp'yuternykh metodik neiropsikhologicheskogo obsledovaniya* [The Computerized Battery of Neuropsychological Tests]. In Pechenkova E., Falikman M. (Eds.) *Cognitive science in Moscow: new researches*. Moscow, 2017. (in Russ.).
3. *Bezrukikh M. M., Farber D. A.* Aktual'nye problemy fiziologii razvitiya rebenka [Actual problems of the physiology of child development]. // *Novye issledovaniya*. 2014. Vol. 40. no3. pp. 4–19. (in Russ.).
4. *Gorbov F.D.* Determinatsiya psikhicheskikh sostoyanii [Determination of psychological states] // *Voprosy Psihologii*. 1971. Vol. 5. pp. 20–29. (in Russ.).
5. *Gut Yu.N., Kabardov M.K.* Prirodnye i sotsial'nye faktory deviantnogo povedeniya u podrostkov [Neuropsychological and Social Factors of Deviant Behaviour in Adolescents] // *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie*. 2018. Vol. 23. no 4. pp. 80–90. doi: 10.17759/pse.2018230408 (in Russ.).
6. *Kognitivnaya psikhologiya. Uchebnik dlya vuzov* [Cognitive psychology]/ M.:Per Se. 2002. 480 p. (in Russ.).
7. *Dubrovinskaya N.V.* Psikhofiziologicheskaya kharakteristika podrostkovogo vozrasta [Psychophysiological Features of Adolescents] // *Fiziologiya cheloveka*. 2015. Vol. 41. no. 2. pp. 113–122). doi: 10.7868/S013116461502006X (in Russ.).
8. *Machinskaya R.I.* Upravlyayushchie sistemy mozga [The brain executive systems] // *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni IP Pavlova*. 2015. Vol. 65. no 1. pp. 33–60. (in Russ.).
9. *Machinskaya R.I., Zakharova M.N., Lomakin D.I.* Regulyatornye sistemy mozga u podrostkov s priznakami deviantnogo povedeniya. Mezhdistsiplinariy analiz [Brain regulatory functions in adolescents showing signs of deviant behavior. An interdisciplinary analysis]// *Fiziologiya cheloveka*. 2020. Vol. 46. no 3. pp. 37–55. (in Russ.).
10. *Rean A.A.* Faktory riska deviantnogo povedeniya: semeinyi kontekst [Risk factors of deviant behaviour in the family context] // *Natsional'nyi psikhologicheskii zhurnal*. 2015. no4 (20). pp. 105–110. doi: 10.11621/npj.2015.0410 (in Russ.).
11. *Semenova O.A., Machinskaya R.I., Lomakin D.I.* Vliyanie funktsional'nogo sostoyaniya regulyatornykh sistem mozga na effektivnost' programmirovaniya, izbiratel'noi regulyatsii i kontrolya kognitivnoi deyatel'nosti u detei. Soobshchenie I. Neiropsikhologicheskii i elektroentsefalograficheskii analiz vozrastnykh preobrazovaniy regulyatornykh funktsii mozga v period ot 9 do 12 let [The influence of the functional state of brain regulatory systems on the programming, selective regulation and control of cognitive activity in children: I. Neuropsychological and EEG analysis of age-related changes in brain regulatory functions in children aged 9–12 years] // *Fiziologiya cheloveka*. 2015. Vol. 41. no. 4. pp. 5–17. doi: 10.7868/S0131164615040128 (in Russ.).
12. *Fetiskin N.P., Kozlov V.V., Manuilov G.M.* Sotsial'no-psikhologicheskaya diagnostika razvitiya lichnosti i mal'nykh grupp [Socio-psychological diagnosis of personality development and small groups]. M.: Izd-vo Instituta Psikhoterapii, 2002. 362 s. (in Russ.).
13. *Sharashova E.E., Kholmatova K.K., Gorbatova M.A., Grzhibovskii A.M.* Primenenie mnozhestvennogo logicheskogo regressionnogo analiza v zdravookhraneni s ispol'zovaniem paketa statisticheskikh programm SPSS [Multivariable logistic regression using spss software in health research]// *Nauka i zdravookhranenie*. 2017. no. 3. pp. 5–31. (in Russ.).
14. *Blakemore S.J., Choudhury S.* Development of the adolescent brain: implications for executive function and social cognition // *Journal of child psychology and psychiatry*. 2006. Vol 47. no. 3–4. pp. 296–312. DOI: 10.1111/j.1469-7610.2006.01611.x





15. Casey B.J., Jones R.M. Neurobiology of the adolescent brain and behavior: implications for substance use disorders // *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. 2010. Vol 49. no. 12. pp. 1189–1201. DOI: 10.1016/j.jaac.2010.08.017
16. Casey B.J., Tottenham N., Liston C., Durston S. Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? // *Trends in cognitive sciences*. 2005. Vol 9. no. 3. pp. 104–110.
17. Cauffman E., Steinberg L., Piquero A.R. psychological, neuropsychological and physiological correlates of serious antisocial behavior in adolescence: the role of self-control // *Criminology*. 2005. no. 1 (43). C. 133–176. DOI: 10.1111/j.0011-1348.2005.00005.x
18. Crone E.A., Dahl R.E. Understanding adolescence as a period of social-affective engagement and goal flexibility // *Nature Reviews Neuroscience*. 2012. Vol 13. no. 9. pp. 636–650. DOI: 10.1038/nrn3313
19. Cruz A.R., de Castro-Rodrigues A., Barbosa F. Executive dysfunction, violence and aggression // *Aggression and Violent Behavior*. 2020. Vol 51. pp. 101380. DOI: 10.1016/j.avb.2020.101380
20. Dishion Vol.J., Tipsord J.M. Peer contagion in child and adolescent social and emotional development // *Annual review of psychology*. 2011. Vol 62. pp. 189–214. DOI: 10.1146/annurev.psych.093008.100412
21. Escario J.J., Wilkinson A.V. Exploring predictors of online gambling in a nationally representative sample of Spanish adolescents // *Computers in Human Behavior*. 2020. Vol 102. pp. 287–292.
22. Fairchild G., Hagan C. C., Passamonti L., Walsh N.D., Goodyer I.M., Calder A.J. Atypical neural responses during face processing in female adolescents with conduct disorder // *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. 2014. Vol 53. no. 6. pp. 677–687. e5.
23. Hinnant J.B., Forman-Alberti A.B. Deviant peer behavior and adolescent delinquency: Protective effects of inhibitory control, planning, or decision making? // *Journal of research on adolescence*. 2019. Vol 29. no. 3. pp. 682–695.
24. MacPherson L., Reynolds E.K., Daughters S.B., Wang F., Cassidy J., Mayes L. C., Lejuez C.W. Positive and negative reinforcement underlying risk behavior in early adolescents // *Prevention Science*. 2010. Vol. 11. no. 3. pp. 331–342.
25. Morgan A.B., Lilienfeld S.O. A meta-analytic review of the relation between antisocial behavior and neuropsychological measures of executive function // *Clinical Psychology Review*. 2000. Vol 20. no. 1. pp. 113–136.
26. Osborne J.W. Best practices in logistic regression. Los Angeles: Sage Publications, 2014. 488 p.
27. Reyes A.C., Amador A.A. Qualitative and quantitative EEG abnormalities in violent offenders with antisocial personality disorder // *Journal of Forensic and Legal Medicine*. 2009. Vol 16. no. 2. pp. 59–63.
28. Scarpina, F., Tagini, S. The stroop color and word test // *Frontiers in psychology*. Vol. 8. pp. 557. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00557
29. Somerville L.H., Casey B.J. Developmental neurobiology of cognitive control and motivational systems // *Current opinion in neurobiology*. 2010. Vol 20. no. 2. pp. 236–241. DOI: 10.1016/j.conb.2010.01.006
30. Steinberg L. A dual systems model of adolescent risk-taking // *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*. 2010. Vol. 52. no 3. pp. 216–224.
31. Tian Y., Yu C., Lin S., Lu J., Liu Y., Zhang W. Parental psychological control and adolescent aggressive behavior: deviant peer affiliation as a mediator and school connectedness as a moderator // *Frontiers in psychology*. 2019. Vol 10. pp. 358.
32. Vasin G., Lobaskova M., Gindina E. The Youth Self Report: validity of the Russian version // *SHS Web Conf*. 2016. Vol 29. Art. 02041.

### **Информация об авторах**

Корнеев Алексей Андреевич, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории нейропсихологии факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»); старший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: [korneeff@gmail.com](mailto:korneeff@gmail.com)



*Захарова Марина Николаевна*, старший научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: vorona-m@mail.ru

*Курганский Андрей Васильевич*, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: akurg@yandex.ru

*Ломакин Дмитрий Игоревич*, научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии когнитивной деятельности Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: lomakindima4@gmail.com

*Мачинская Регина Ильинична*, доктор биологических наук, заведующая лабораторией нейрофизиологии когнитивной деятельности, Институт возрастной физиологии Российской Академии Образования (ФГБНУ ИВФ РАО), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: reginamachinskaya@gmail.com

### **Information about the authors**

*Aleksei A. Korneev*, Ph.D. in Psychology, Senior Researcher, Psychology Department, Lomonosov Moscow State University; Senior Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6389-8215>, e-mail: korneeff@gmail.com.

*Marina N. Zakharova*, Senior Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7539-8269>, e-mail: voronova-m@mail.ru

*Andrei V. Kurgansky*, PhD in Biology, Leading Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1996>, e-mail: akurg@yandex.ru

*Dmitrii I. Lomakin*, Researcher, Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0382-8172>, e-mail: dimalomakin4@gmail.com

*Regina I. Machinskaya*, PhD in Biology, Head of Laboratory of Neurophysiology of Cognitive Processes, Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow, Russia, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5846-384X>, e-mail: reginamachinskaya@gmail.com

Получена 16.12.2019

Received 16.12.2019

Принята в печать 01.03.2021

Accepted 01.03.2021