

УДК 372.851
ББК 4426.221

ГСНТИ 15.31.31

Код ВАК 13.00.08

Водяха Сергей Анатольевич,

кандидат психологических наук, доцент, кафедра психологии образования, Институт психологии, Уральский государственный педагогический университет; 620017, г. Екатеринбург, пр-т Космонавтов, д. 26; e-mail: svodyakha@yandex.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ И ВНУТРЕННЯЯ МОТИВАЦИЯ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРОСТКОВ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: математическая тревожность; внутренняя мотивация; учебная деятельность; математика; методика преподавания математики; подростки; математическая мотивация; методика математики в школе.

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются основные теоретические аспекты исследования проблемы математической тревожности. Автор указывает, что, с одной стороны, математическая тревожность снижает математическую продуктивность, а с другой – низкая математическая продуктивность может в свою очередь увеличить степень математической тревожности. На основании анализа исследований авторы предположили, что математическая тревожность является предиктором внутренней мотивации учебной деятельности. Для подтверждения гипотезы было проведено исследование, в котором приняли участие 242 учащихся средних школ Екатеринбурга в возрасте от 13 до 17 лет. В исследовании использовались следующие методики: опросник внутренней мотивации учебной деятельности школьников и опросник математической тревожности. Авторы выявили, что все показатели математической тревожности, кроме социальной ценности математики, существенно различаются у подростков с разным уровнем внутренней мотивации. Видимо, отношение к математическому образованию в большей степени зависит от отношения общества в целом к данной сфере образовательной деятельности. Основной причиной математической тревожности являются трудности в технологии обработки информации, которая, как полагают, формирует базу более совершенных математических навыков. Низкие математические успехи, связанные с математической тревожностью, могут быть частично вызваны недопониманием численных величин. На основании вышеизложенного авторы сделали вывод, что математическая тревожность является важной проблемой математического образования наряду с проблемой формирования математического мышления. Также авторы статьи пришли к выводу, что формирование внутренней мотивации учебной деятельности подростков является предиктором академической успешности школьников в области математики.

Vodyakha Sergey Anatol'evich,

Candidate of Psychology, Associate Professor, Department of Psychology of Education, Institute of Psychology, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.

MATHEMATICAL ANXIETY AND INTERNAL MOTIVATION OF LEARNING OF TEENAGERS

KEYWORDS: mathematical anxiety; internal motivation; learning; mathematics; methods of teaching Mathematics; teenagers; mathematical motivation; methods of teaching Mathematics at school.

ABSTRACT. The article considers the main theoretical aspects of the problem of mathematical anxiety. The author points out that, on the one hand, mathematical anxiety reduces mathematical productivity, and, on the other hand, low mathematical productivity can, in turn, increase the degree of mathematical anxiety. Based on the analysis of the studies, the author suggests that mathematical anxiety is the predictor of the internal motivation of learning activity. To confirm the hypothesis, a study was conducted among 242 pupils of Ekaterinburg secondary schools aged 13 - 17. The study used the following methods: a questionnaire of internal motivation of schoolchildren's educational activity and a questionnaire of mathematical anxiety. In the study, the author found that all indicators of mathematical anxiety, apart from the social value of mathematics, differ significantly among adolescents with different levels of internal motivation. Apparently, the attitude towards mathematical education depends more on the attitude of society as a whole towards this sphere of educational activity. The main reason for mathematical anxiety is the difficulty in information processing technology, which is believed to form the basis of more advanced mathematical skills. Low mathematical success associated with mathematical anxiety can be partially caused by misunderstanding of numerical quantities. Based on the foregoing, the author can conclude that mathematical anxiety is an important problem in mathematical education, along with the problem of formation of mathematical thinking. Also, the author came to the conclusion that formation of internal motivation of the educational activity of teenagers is a predictor of the academic success of schoolchildren in the field of mathematics.

Математическая тревожность определяется как чувства напряженности, опасения или страха, возникающие при выполнении обучающимся математической

задачи. Математическая тревожность является независимым феноменом от общей тревожности или тестовой тревоги [1; 2; 3] и связана со специфическими нарушениями при

решении математических задач или задач, связанных с числами [4; 5; 6; 7]. Математическая тревожность является глобальным явлением, широко распространенным во всех 65 странах, участвовавших в Программе оценки иностранных студентов 2012 г. (PISA).

Не менее 33 процентов 15-летних учащихся сообщают о беспомощности при решении математических задач [8]. В США по оценкам 25 процентов студентов колледжа и до 80 процентов учащихся средних специальных учреждений страдают от умеренной и высокой степени математической тревожности. Математическое беспокойство часто приводит к уклонению от математических и связанных с математикой ситуаций [9].

К негативным последствиям математической тревожности относятся следующие:

1) низкая продуктивность при решении стандартизированных математических тестов и общая сложность решения математических задач [2];

2) низкая успеваемость на предметах, требующих оперирования числовым материалом [10];

3) снижение эффективности решения простых арифметических задач [11].

Связь между математической тревожностью и математической эффективностью может быть взаимообусловленной. С одной стороны, математическая тревожность снижает математическую продуктивность [14], а с другой – низкая математическая продуктивность может, в свою очередь, увеличить степень математической тревожности [15]. В целом, можно достоверно утверждать, что более высокие уровни математической тревожности положительно связаны с более низкой академической успешностью в математике. Хотя математическая тревожность не может быть единственной переменной, связанной с математической успешностью, она действительно является сильным предиктором последней. Во всех странах ОЭСР 14 процентов вариаций в математической деятельности объясняются изменением математической тревожности, а среди студентов, достигших самого высокого уровня, эта связь остается сильной даже с учетом различий по полу и социально-экономическому положению [8].

Учитывая высокую распространенность математической тревожности и ее влияние на формирование отрицательного отношения к математике, понимание факторов, которые объясняют связь между математической тревожностью и математической продуктивностью, может дать ценную информацию для повышения успеваемости в математике.

В настоящем обзоре исследуется текущая поведенческая и психофизиологическая работа, направленная на выяснение механизмов, лежащих в основе взаимосвязи

между математической тревожностью и математической эффективностью, и осуществление отдельных интервенций, необходимых для снижения математической тревожности или преодоление отрицательной связи между математической тревожностью и математической продуктивностью.

Если раньше психологи исследовали отношение к математике на уровне отдельного человека, то последние данные показывают, что математическая тревожность может формироваться под влиянием одноклассников, родителей и учителей. Одним из объяснений негативной связи между математической тревожностью и математической продуктивностью является то, что математически тревожные люди менее компетентны в математике, чем соученики, которые более уверены в своей успешности [10].

Математически тревожные люди могут воспринимать связанные с математикой стимулы как угрожающие и, следовательно, могут стремиться избегать их, уменьшая свою способность концентрировать внимание на существенных аспектах задачи.

На основании анализа исследований можно предположить, что математическая тревожность является предиктором внутренней мотивации учебной деятельности. Для подтверждения гипотезы было проведено исследование на 242 учащихся средних школ Екатеринбурга в возрасте от 13 до 17 лет. В исследовании использовались следующие методики: опросник внутренней мотивации учебной деятельности школьников, опросник математической тревожности.

Испытуемые были разделены на контрастные группы по показателю «связанная автономность». Испытуемые с высокими показателями были выделены в группу высокомотивированных, а с низкими – в группу низкомотивированных.

Для подтверждения гипотезы о различиях между низкомотивированными и высокомотивированными школьниками было осуществлено сравнение среднеарифметических величин в обеих группах посредством вычисления Т-критерия Стьюдента в статистическом пакете Statistica 12. Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, все показатели математической тревожности, кроме социальной ценности математики, существенно различаются у подростков с разным уровнем внутренней мотивации. Видимо, отношение к математическому образованию в большей степени зависит от отношения общества в целом к данной сфере образовательной деятельности. Возможно, это связано с тем, что учителя и родители являются образцами для подражания для детей и

могут косвенно влиять на уровень математической тревожности учащихся и их математическую продуктивность. В современной школе большинство учителей – женщины. Они могут передавать математическую тревогу своим обучаемым, поддерживая стереотипы в отношении пола и мате-

матики, что приведет к снижению математической продуктивности учащихся. Таким образом, необходимо работать над снижением тревожности педагогов математики, которая часто индуцирует тревожность школьников.

Таблица 1

Сравнение средних величин показателей математической тревожности низкомотивированных и высокомотивированных школьников

Показатель	Средний показатель высокомотивированных	Средний показатель низкомотивированных	t-критерий	p
Отношение к учителю математики	21,6	17,72	3,604	0,0006
Математическая тревожность	3,75	10,604	-4,486	0,00003
Социальная ценность математики	18	17,479	0,4225	0,674
Математическая самооффективность	16,9	13,604	2,79	0,0068
Внутренняя математическая мотивация	17,85	13,479	3,4443	0,001

Высокомотивированные школьники значимо лучше относятся к педагогу, преподающему математику (21,6 против 17,72), t-критерий Стьюдента равен 3,604 (0,0006). Это позволяет им рассматривать педагога в качестве референтного источника информации и проявлять большую успешность в усвоении математики. Симпатия к педагогу, превращающему математические занятия в увлекательный познавательный процесс, формирует позитивные ожидания ребенка, подкрепляющие внутреннюю мотивацию. Педагогическая фасилитация формирует у учащихся высокий уровень математических притязаний, влияющий на эффективность решения детьми математических задач и глубину алгебраических рассуждений, снижая математическую тревожность ребенка.

Подростки, обладающие внутренней учебной мотивацией, демонстрируют статистически значимо меньшую математическую тревожность по сравнению с одноклассниками, чья учебная деятельность побуждается внешней мотивацией (3,75 против 10,6), t-критерий Стьюдента равен 4,486 (p=0,0006). Школьники, проявляющие неподдельный интерес к образовательному процессу и предпочитающие ориентироваться не на результат деятельности, а на процесс, стремятся решать математические задачи, стремясь к достижению успеха и не боясь возможных ошибок. Другими словами, процесс обучения математике школьников с низкой математической тревожностью не вызывает у учащихся состояния выученной беспомощности.

Однако преимущества от родительской поддержки дома могут непреднамеренно привести к неприятным последствиям, если родители чрезмерно озабочены математикой. Математическая тревожность родителей и учащихся второго и третьего классов ассоциируется со снижением роста успева-

емости по математике и повышенной математической тревожностью учащихся в течение всего учебного года, когда их родители часто помогают учащимся выполнять домашнюю работу по математике.

Школьники с внешней мотивацией, предвидя необходимость решить математическую задачу, проявляют повышенную активацию в нервных областях, связанных с болевыми реакциями, что может указывать на то, что эти люди даже могут чувствовать висцеральную боль, просто думая о математике. Дети демонстрируют физиологические реакции страха и беспокойства, связанные с математической тревожностью, увеличивая негативную эмоциональную реактивность во время выполнения уроков по математике, проявляя гиперактивацию правой миндалины. Поэтому они стараются избегать математических занятий.

Математическая самооффективность высокомотивированных школьников значимо выше, чем у низкомотивированных (16,9 против 13,6), t-критерий Стьюдента равен 2,79 (p=0,0068). Это является свидетельством того, что высокая мотивация формируется благодаря положительному опыту математической деятельности и укрепления уверенности в успешности учащегося в математике. Воспринимаемая обучающимися окружающая среда играет важную роль в усвоении математики. Ученики, которые воспринимают свой класс как более заботливый, стимулирующий и ориентированный на достижение, имеют более высокий уровень математической самооффективности и, в свою очередь, более высокую математическую продуктивность.

В будущих исследованиях будет полезным изучить связь между самовоспринимаемым климатом класса и математической тревожностью. Текущие исследования показывают, что математическая самооффективность тесно связана с математической

тревожностью. Таким образом, более низкая математическая самооффективность является предиктором более высоких уровней математической тревожности [17].

Внутренняя математическая мотивация высокомотивированных школьников также существенно выше, чем у низкомотивированных (17,85 против 13,47), *t*-критерий Стьюдента равен 3,44 ($p=0,001$). Они выражают неподдельный интерес к математическим проблемам, часто предпочитают математику остальным предметам. Для многих из таких детей решать задачи по математике намного интереснее, чем тратить время на занятия художественным творчеством или чтением литературы. Это косвенно подтверждает результаты исследования З. Ванга и др., выявивших, что внутренняя математическая мотивация снижает вероятность взаимосвязи между математической тревожностью и математической продуктивностью. Дети и взрослые с высоким уровнем внутренней мотивации демонстрируют криволинейную (инвертированную) взаимосвязь: умеренные уровни математической тревожности связаны с лучшей продуктивностью по сравнению с крайне низким и высоким уровнем математической тревожности [16].

Математическая мотивация позволяет индивидуам преодолеть свои негативные реакции, связанные с математической тревожностью, активно приближаясь к математической задаче. С другой стороны, у тех, кто менее мотивирован, может быть большая тенденция избегать связанных с математикой ситуаций, вызывающих беспокойство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водяха С. А. Особенности мотивации учебной деятельности креативных старшеклассников // Педагогическое образование в России. – 2014. – № 9. – С. 186-189.
2. Тестов В. А. Основные задачи развития математического образования // Образование и наука. – 2014. – № 1 (4). – С. 3-17.
3. Ashcraft M. H., Ridley K. S. Math anxiety and its cognitive consequences: a tutorial review // Handbook of Mathematical Cognition. – New York : Psychology Press, 2005. – P. 315-327.
4. Carey E., Hill F., Devine A., Szucs D. The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance // Front Psychol. – 2016. – № 6. – P. 1-6.
5. Klados M. A., Simos P. G., Micheloyannis S., Margulies D. S., Bamidis P. D. ERP measures of math anxiety: how math anxiety affects working memory and mental calculation tasks? // Front Behav Neurosci. – 2015. – № 9. – P. 1-9.
6. Maloney E. A., Risko E. F., Ansari D., Fugelsang J. A. Mathematics anxiety affects counting but not subitizing during visual enumeration // Cognition. – 2010. – № 114. – P. 293-297.
7. Mattarella-Micke A., Mateo J., Kozak M. N., Foster K., Beilock S. L. Choke or thrive? The relation between salivary cortisol and math performance depends on individual differences in working memory and math-anxiety // Emotion. – 2011. – № 11. – P. 1000-1005.
8. Nunez-Pena M. I., Suarez-Pellicioni M., Bono R. Effects of math anxiety on student success in higher education // Int J Educ Res. – 2013. – № 58. – P. 36-43.
9. OECD: PISA 2012 Results: Ready to Learn: Students' Engagement Drive and Self-Beliefs (Volume III). – PISA, OECD Publishing, 2013.
10. Pletzer B., Kronbichler M., Nuerk H.-C., Kerschbaum H. H. Mathematics anxiety reduces default mode network deactivation in response to numerical tasks // Front Hum Neurosci. – 2015. – № 9. – P. 1-12.
11. Ramirez G., Chang H., Maloney E. A., Levine S. C., Beilock S. L. On the relationship between math anxiety and math achievement in early elementary school: the role of problem solving strategies // J Exp Child Psychol. – 2015. – № 141. – P. 83-100.

До недавнего времени в немногих исследованиях изучалась математическая мотивация как фактор, который может влиять на отношение математической тревожности и математической эффективности.

Можно заключить, что высокомотивированные школьники обладают более низкой математической тревожностью. Таким образом, формирование внутренней мотивации учебной деятельности может снижать математическую тревожность.

Основной причиной математической тревожности являются трудности в технологии обработки информации, которая, как полагают, формирует базу более совершенных математических навыков. Низкие математические успехи, связанные с математической тревожностью, могут быть частично вызваны недопониманием численных величин. Однако результаты текущих исследований показывают, что не все математически тревожные школьники негативно относятся к математике. Кажется, существуют различные факторы помимо простых различий в навыках решения математических задач, которые объясняют отрицательную связь между математической тревожностью и математической эффективностью.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Математическая тревожность является важной проблемой математического образования наряду с проблемой формирования математического мышления.
2. Формирование внутренней мотивации учебной деятельности подростков является предиктором академической успешности школьников в области математики.

12. Ramirez G., Gunderson E. A., Levine S. C., Beilock S. L. Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school // *J Cogn Dev.* – 2013. – № 14. – P. 187-202.
13. Rubinsten O., Eidlin H., Wohl H., Akibli O. Attentional bias in math anxiety // *Front Psychol.* – 2015. – № 6. – P. 1-9.
14. Suarez-Pellicioni M., Nunez-Pena M. I., Colome' A. Attentional bias in high math-anxious individuals: evidence from an emotional Stroop task [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01577>.
15. Vukovic R. K., Kieffer M. J., Bailey S. P., Harari R. R. Mathematics anxiety in young children: concurrent and longitudinal associations with mathematical performance // *Contemp Educ Psychol.* – 2013. – № 38. – P. 1-10.
16. Wang Z., Lukowski S. L., Hart S. A., Lyons I. M., Thompson L. A., Kovas Y., Mazzocco M. M. M., Plomin R., Petrill S. A. Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1177/0956797615602471>.
17. Young C. B., Wu S. S., Menon V. The neurodevelopmental basis of math anxiety // *Psychol Sci.* – 2012. – № 3. – P. 492-501.

REFERENCES

1. Vodyakha S. A. Osobennosti motivatsii uchebnoy deyatel'nosti kreativnykh starsheklassnikov // *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii.* – 2014. – № 9. – S. 186-189.
2. Testov V. A. Osnovnye zadachi razvitiya matematicheskogo obrazovaniya // *Obrazovanie i nauka.* – 2014. – № 1 (4). – S. 3-17.
3. Ashcraft M. H., Ridley K. S. Math anxiety and its cognitive consequences: a tutorial review // *Handbook of Mathematical Cognition.* – New York : Psychology Press, 2005. – P. 315-327.
4. Carey E., Hill F., Devine A., Szucs D. The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance // *Front Psychol.* – 2016. – № 6. – P. 1-6.
5. Klados M. A., Simos P. G., Micheloyannis S., Margulies D. S., Bamidis P. D. ERP measures of math anxiety: how math anxiety affects working memory and mental calculation tasks? // *Front Behav Neurosci.* – 2015. – № 9. – P. 1-9.
6. Maloney E. A., Risko E. F., Ansari D., Fugelsang J. A. Mathematics anxiety affects counting but not subitizing during visual enumeration // *Cognition.* – 2010. – № 114. – P. 293-297.
7. Mattarella-Micke A., Mateo J., Kozak M. N., Foster K., Beilock S. L. Choke or thrive? The relation between salivary cortisol and math performance depends on individual differences in working memory and math-anxiety // *Emotion.* – 2011. – № 11. – P. 1000-1005.
8. Nunez-Pena M. I., Suarez-Pellicioni M., Bono R. Effects of math anxiety on student success in higher education // *Int J Educ Res.* – 2013. – № 58. – P. 36-43.
9. OECD: PISA 2012 Results: Ready to Learn: Students' Engagement Drive and Self-Beliefs (Volume III). – PISA, OECD Publishing, 2013.
10. Pletzer B., Kronbichler M., Nuerk H.-C., Kerschbaum H. H. Mathematics anxiety reduces default mode network deactivation in response to numerical tasks // *Front Hum Neurosci.* – 2015. – № 9. – P. 1-12.
11. Ramirez G., Chang H., Maloney E. A., Levine S. C., Beilock S. L. On the relationship between math anxiety and math achievement in early elementary school: the role of problem solving strategies // *J Exp Child Psychol.* – 2015. – № 141. – P. 83-100.
12. Ramirez G., Gunderson E. A., Levine S. C., Beilock S. L. Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school // *J Cogn Dev.* – 2013. – № 14. – P. 187-202.
13. Rubinsten O., Eidlin H., Wohl H., Akibli O. Attentional bias in math anxiety // *Front Psychol.* – 2015. – № 6. – P. 1-9.
14. Suarez-Pellicioni M., Nunez-Pena M. I., Colome' A. Attentional bias in high math-anxious individuals: evidence from an emotional Stroop task [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01577>.
15. Vukovic R. K., Kieffer M. J., Bailey S. P., Harari R. R. Mathematics anxiety in young children: concurrent and longitudinal associations with mathematical performance // *Contemp Educ Psychol.* – 2013. – № 38. – P. 1-10.
16. Wang Z., Lukowski S. L., Hart S. A., Lyons I. M., Thompson L. A., Kovas Y., Mazzocco M. M. M., Plomin R., Petrill S. A. Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.1177/0956797615602471>.
17. Young C. B., Wu S. S., Menon V. The neurodevelopmental basis of math anxiety // *Psychol Sci.* – 2012. – № 3. – P. 492-501.