

ФЕНОМЕН МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТРЕВОЖНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ

О.Е. БОГДАНОВА^{1*}, Ю.В. КОВАС^{1,2}, Е.Л. БОГДАНОВА¹,
К.К. АКИМОВА¹, Е.И. ГЫНКУ¹

¹ ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский
государственный университет», Томск, Россия;

² Голдсмитс колледж, Университет Лондона, Лондон, Великобритания

В статье представлен обзор зарубежных публикаций, посвященных исследованию математической тревожности в образовании. Рассматриваются теоретические основания междисциплинарных исследований математической тревожности в контексте когнитивной психологии и психологии образования. Приводятся результаты исследований взаимосвязей математической тревожности, самоэффективности, саморегуляции и других переменных. Обсуждается актуальность исследований математической тревожности в начальной школе.

Ключевые слова: математическая тревожность, рабочая память, теория эффективности обработки информации, эффект предела, субъективные репрезентации математического опыта, нейропсихологические основы.

Феномен «математической тревожности»

Первые обсуждения проблемы математической тревожности можно отнести к 1950 г., когда была опубликована статья M.F. Gough об эмоциональных затруднениях студентов, возникающих при выполнении математических заданий. В это же время в статье R.M. Dreger & L.R. Aiken были предложены к обсуждению конструкт «числовая тревожность» (numerical anxiety) и опросник для его измерения: «Шкала числовой тревожности» (Numerical Anxiety Scale) (Ashcraft M.H. & Moore A.M., 2009) [3].

Интерес исследователей к феномену «математической тревожности» (МТ) в 1970-х годах стал откликом профессионального сообщества на наблюдение соци-

олога Lucy Stells о том, что математические дисциплины являются «фильтром» (Stent A., 1977) [39] в университетском образовании – тенденции женщин избегать выбора специальностей, связанных с математическими дисциплинами (Shodahl S.A. & Diers C., 1984) [35]. В этом смысле «математическая тревожность» позиционировалась как одно из существенных ограничений в профессиональном выборе и возможностях будущего карьерного роста. На базе университетов реализовывались программы (например, The Wesleyan Math Anxiety Clinic; The Wellesley Program [39]; образовательный курс с говорящим названием «Математика без страха» («Mathematics without Fear», 1984) [35], ориентированные на преодоление негативных психологических переживаний, связанных с изучением математики. Опыт реализации подобных программ показал, что они оказались востребованы двумя группами студентов: теми, кто осознавал психологический характер трудностей, возникающих в процессе изучения математики, и теми, кто рассматривал эти программы как «дополнительное

© Богданова О.Е., Ковас Ю.В., Богданова Е.Л.,
Акимова К.К., Гынку Е.И., 2013

* Для корреспонденции:

Богданова О.Е.

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский
Томский государственный университет», Томск,
Россия

математическое образование», возможность восполнить в комфортных условиях пробелы по математике. Рефлексивный характер реализации программ (например, метод «математической автобиографии» [39] уже в то время позволил конкретизировать некоторые причины МТ: негативный предшествующий образовательный опыт как актуальная угроза компетентности, необходимость решения математических заданий в условиях ограниченного времени или у доски (Martinez J.G.R., 1987 [24]; Shodahl S.A. & Diers C., 1984 [35]). Понимание природы и происхождения математической тревожности важно для того, чтобы снять эмоциональный блок и позволить реализоваться математическому потенциалу [35, с. 32].

Одним из первых диагностических инструментов измерения математической тревожности стала Шкала математической тревожности («The Mathematics Anxiety Rating Scale»), разработанная F.C. Richardson & R.M. Suinn как «измерение тревожности, связанной с операциями с числами и оперированием математическими понятиями» [33, с. 551]. Этот инструмент был создан в то время, когда уже были разработаны опросники тестовой (экзаменационной) и социальной тревожности. Этот опросник создан как диагностический инструмент для оценки эффективности терапевтических программ. По определению F.C. Richardson & R.M. Suinn, которое цитируется с 1972 года во многих современных исследованиях, «математическая тревожность включает чувства напряжения и тревожности, которые связаны с операциями с числами и решением математических заданий в широком спектре повседневных и академических ситуаций» [33, с. 551].

С теоретических позиций принципиальное значение имели поиски ответа на вопрос о собственно специфическом компоненте математической тревожности и ее обоснованной дифференциации от тестовой тревожности (Sparfeldt J.R. et al., 2013) [38]. В этой связи представляет ин-

терес исследование D.M. Kagan (1987) [17], в котором математическая тревожность конкретизируется через разделение этого конструкта на математическую тестовую тревожность (mathematic test anxiety) как форму тестовой тревожности и числовую тревожность (numerical anxiety) как форму тревожности, не связанную с ситуацией тестирования или изучением математической дисциплины. В обсуждении полученных результатов подчеркивалось, что на выборке женщин тревожность может рассматриваться как одномерный конструкт, связанный с фактором оценивания независимо от типа выполняемых заданий (вербальных или математических). Анализ данных участников противоположного пола позволил представить тревожность как многомерный конструкт, связанный с пространственными способностями, навыками аргументации, ригидностью в решении проблем и снижением показателей числовых умений [17].

В поисках возможных причин математической тревожности исследовались взаимосвязи между отношением к математике, тестовой тревожностью (Spilberger C.D.) и догматизмом (Trondahl V.C., Powell F.A.). Изучению дифференциации математической и тестовой тревожности было посвящено исследование R.B. Frary & J.L. Ling [11] на выборке студентов (491 человек). В результате факторного анализа выделились «глобальный фактор отношения к математике» – включающий в себя полезность математики в реальных ситуациях (0,69), математическую тревожность как избегание и страх математики (0,89), внутреннюю мотивацию решения математических заданий (0,83), стремление достичь личного успеха в математике (0,9) и тестовую тревожность (0,53). Тестовая тревожность вошла еще в один фактор, что свидетельствует о частичной дифференциации тревожности [11]. В исследовании не обнаружено взаимосвязей математической тревожности, личностных характеристик, уверенности в способностях к обучению

математике и догматизма. Уровень математической тревожности не различался между мужчинами и женщинами [11].

Обсуждая особенности математики как учебной дисциплины, S. Kogelman & J. Warren обращают внимание на следующие образовательные «мифы»: существование единственно верного способа решения математической задачи, необходимость умения быстро считать в уме и всегда знать, каким образом был получен тот или иной ответ, преобладание логики над интуицией и превосходство мужчин в математических способностях. Эти мифы могут вносить вклад в формирование негативного отношения к математике как к «авторитарной, ригидной и некреативной дисциплине» (Sherard W.H., 1981) [34]. Математическая тревожность может рассматриваться не как проявление негативного отношения к математике, а как ответ на оценивание математических способностей [34].

При анализе исследований возможных источников математической тревожности S.A. Shodahl & C. Diers выделяют следующие факторы: 1) тексты по математике не раскрывают содержания математических понятий, приводя тем самым к простому запоминанию определений понятий без понимания их смысла (N. Betz, C.G. Crawford); 2) методика преподавания не обеспечивает своевременного перехода от стадии конкретных операций к стадии формальных (J.W. Renner, J.V. Mallow); 3) система математического образования асимметрично ориентирована на акцент в методике преподавания математики на реализацию когнитивных функций левого полушария мозга – R. Ornstein, E.E. Maccoby, C.N. Jacklin (Shodahl & Diers, 1984 [35]).

В мета-анализе 151 публикации (Hembree R., 1990) [12] обобщены основные результаты исследований с целью конкретизации статистических характеристик конструкта «математическая тревожность», обсуждаемых в контексте понимания природы, психологических и об-

разовательных следствий математической тревожности и разработки методик снижения негативных следствий математической тревожности в образовании. Основные результаты корреляционных исследований показывают следующее.

1. Уровень математической тревожности слабо коррелирует с показателями IQ тестов (-0,17), взаимосвязь с показателями вербальных способностей незначима (-0,06); более высокий уровень МТ коррелирует с более низкими результатами математических достижений; МТ коррелирует с результатами тестов по дифференцированным математическим способностям от -0,25 до -0,40 по вычислениям, работе с понятиями, решению задач, абстрактной аргументации (-0,40) и пространственным способностям. Менее тревожные студенты показывают лучшие результаты по математическим тестам (средний размер эффекта составил -0,61).

2. Положительное отношение к математике связано с более низким уровнем МТ, обратная связь характерна для МТ и удовольствия от математики (от -0,75 до -0,47 в школе и колледже, соответственно) и уверенности в математике (от -0,65 до -0,82 в школе и колледже, соответственно), а также мотивации (-0,64).

3. Высокий уровень МТ коррелирует с тенденцией выбирать меньшее количество математических дисциплин в школе и колледже (от -0,31 до -0,35); с общей тревожностью (0,35), личностной тревожностью (0,38), ситуативной тревожностью (0,42), боязнью негативной оценки (0,44), тестовой тревожностью (0,46).

4. МТ начинает проявляться в младшем школьном возрасте, достигает пика к 9–10 классу, а затем выравнивается в старших классах; самый высокий уровень математической тревожности характерен для студентов, обучающихся по специальности «преподаватель начальной школы».

5. Изменения в расписании, методике преподавания математики, формах работы не оказывают существенного влияния

на снижение математической тревожности (-0,04); терапевтический прием систематического снижения чувствительности, включающий в себя управление тревожностью и релаксацию, вызывает значительный положительный эффект на снижение математической тревожности (-1,04); когнитивная перестройка установок в отношении математики и развитие уверенности в математических способностях оказывают среднее влияние на математическую тревожность (-0,51).

6. В целом участники исследований женского пола демонстрируют более высокий уровень математической тревожности, однако это не связано с более низкими показателями по тестам математических достижений или более явной тенденцией к избеганию математических дисциплин. Высказываются предположения о том, что наблюдаемые гендерные различия являются следствием социальных стереотипов или различиями в способности справляться с тревожностью.

Представленные в мета-анализе тенденции цитируются и находят эмпирическое подтверждение во многих более поздних исследованиях. Полнота картины коррелятов математической тревожности не снимает, тем не менее, вопроса о характере причинно-следственных связей и актуальности лонгитюдных исследований этого феномена в образовании.

Теоретические основания исследования феномена математической тревожности

В рамках социо-когнитивной теории А. Bandura математическая тревожность как отдельный вид тревожности включена в контекст таких психологических конструктов, как самоэффективность (Hoffman B., 2010) [13], контроль негативных когниций, стратегии совладания, а также психофизиологические реакции (Bandura A., 1988) [4]. Данный подход к феномену математической тревожности является комплексным, не сводящим тревожность к «избега-

нию» ситуаций, связанных с математикой (Ashcraft M.H. & Moore A.M., 2009) [3, с. 201]. Такой подход помогает решить следующий парадокс: «если тревожность определяется как поведение, связанное с избеганием, тогда теоретическая проблема: «обуславливает ли тревожность это поведение» редуцируется к пустому вопросу о том, обуславливает ли это поведение само себя» (Bandura A., 1988) [4, с. 77].

Теория интерференции внимания (attentional interference theory) базируется на представлении о математической тревожности как состоящей из двух компонентов: «беспокойства» (worrying) и «эмоциональности» (emotionality). «Беспокойство» является негативным аспектом тревожности, поскольку отвлекает внимание от выполнения математического задания; категория сложности задания определяется через объем внимания, необходимый для его выполнения (исследования R.M. Liebert, L.W. Moris, M.G. Sarason et al.) (Eysenck M.W. & Calvo M.G., 1992) [10].

Теория эффективности обработки информации (processing efficiency theory) M.W. Eysenck & M.G. Calvo выстроена на представлении о когнитивной системе как гибкой и обладающей компенсаторным потенциалом. В отличие от теории отвлечения внимания, которая рассматривает избегание как пассивную характеристику высоко тревожных людей, проявляющуюся исключительно в реакциях на возникающие ситуации [10], теория эффективности обработки информации рассматривает тревожность как ситуативную. Ситуативная тревожность обусловлена личностной тревожностью и ситуативным стрессом. Уровень ситуативной тревожности определяется индивидуальными различиями в образовательном опыте и деятельности. «Беспокойство» приводит к дефициту рабочей памяти, который может компенсироваться за счет дополнительных усилий или реализации специальных стратегий. Система метакогнитивного контроля обеспечивает осознанную регуляцию когни-

тивных процессов с целью управления процессом выполнения задания и определения проблем. Теория эффективности обработки информации различает понятия результативности (effectiveness) и эффективности (efficiency; эффективность рассматривается как результативность в отношении к затраченным усилиям). Сложность конкретного задания определяется имеющимися у человека в данной ситуации когнитивными ресурсами.

В исследованиях математической тревожности описан ряд интересных феноменов. Так, «Эффект предела» (choking effect) проявляется в условиях ограничения времени на выполнение задания и представляет собой достижение худших результатов в ситуациях, в которых стремление к достижению высоких результатов максимально. Результаты исследований показывают, что в условиях ограниченного времени выполнения заданий преимущество учащихся с большим объемом памяти нивелируется, и они демонстрируют более низкие результаты. Исследования этого эффекта являются актуальными в условиях образовательной практики, ориентированной на оценивание академических достижений в формате тестов с ограничением по времени (Beilock S.L. & Carr T.H., 2005) [5].

«Аффективный провал в деятельности» (affective drop in performance) – конструкт, описывающий снижение успешности деятельности при выполнении математических заданий в условиях ограниченного времени. Учащиеся со средним или высоким уровнем тревожности в условиях выполнения математических заданий задействуют ресурсы рабочей памяти, беспокоясь о выполнении задания. В связи с этим когнитивная нагрузка на рабочую память возрастает, и результат становится ниже. Этот механизм позволяет объяснить, каким образом происходит снижение показателей математических достижений независимо от реального уровня владения математикой (Ashcraft & Moore, 2009) [3].

«Модель дефицитов» (deficit's model) основана на анализе дефицитов в опыте обучения или выполнении тестов. Согласно этой модели, недостаточный предшествующий опыт определяет возникновение тестовой тревожности, а математическая тревожность становится результатом рефлексии низкого уровня математических достижений в прошлом опыте (Devine A., Fawcett K., Szűcs D. & Dowker A., 2012) [9].

«Угроза стереотипа» (stereotype threat) связывает феномен возникновения математической тревожности с фактором социального оценивания (Maloney E.A., Ansari D. & Fugelsang J.A., 2010) [22]. Проявление этого феномена связано с более низким уровнем достижений в сравнении с реальным уровнем способностей в ситуациях, когда соответствующая негативная стереотипизация становится актуальной. При этом в группу риска попадают не только люди с объективно низкими способностями, но и (в определенных условиях) люди с высокими достижениями в математике и признающие ее значимость. В исследовании E.A. Maloney, M.W. Schaeffer & S.L. Beilock показано, что стереотип может быть актуализирован простым указанием пола перед выполнением математического теста [23]. Возможно, это частично объясняет тот факт, что при отсутствии гендерных различий в достижениях по математике у девочек наблюдается более высокий уровень математической тревожности (Devine A., Fawcett K., Szűcs D. & Dowker A., 2012) [9].

Когнитивные и нейропсихологические основы математической тревожности

Рассмотрение математической тревожности как психологического конструкта, имеющего когнитивно-аффективную природу, ставит вопрос о том, какие когнитивные системы подвержены негативным следствиям тревожности. Одной из таких систем является рабочая память (Johnson D.R. & Gronlund S.D., 2009 [16]; Nyroos

М. & Wiklund-Hörnqvist C., 2012 [28]). В исследовании M. Nyroos & C. Wiklund-Hörnqvist на школьниках показана роль различных компонентов рабочей памяти в выполнении разных математических операций [28]. Рабочая память в этом исследовании определяется в рамках модели A. Baddeley & G.J. Hitch и состоит из четырех компонентов: центрального исполнительного блока (концентрация и переключение внимания в процессе выполнения задания), речевого блока (краткосрочное хранение звуковой информации), визуально-пространственного блока (хранение и обработка визуальных стимулов или образов) и эпизодического буфера (временное хранение информации различной модальности и из разных источников). В содержание математического теста были включены разделы в соответствии с образовательным стандартом: 1) письменное решение арифметических заданий; 2) арифметические операции в уме; 3) задания на время (оценивание, сравнение, различные единицы измерения); 4) понимание чисел и числовые последовательности; 5) дроби; 6) площадь и объем (оценивание, сравнение, различные единицы измерения). Результаты регрессионного анализа показали, что 41% дисперсии результатов математического теста объяснялся вкладом рабочей памяти. Вклад рабочей памяти в различные типы математических заданий составлял от 23% (дроби) до 31% (арифметические операции в уме, понимание чисел и числовые последовательности). В данном исследовании не было выявлено гендерных различий в результатах математических тестов и рабочей памяти. Авторы предполагают, что в возрасте до 9 лет в решении математических заданий задействован визуально-пространственный блок, а в более позднем возрасте – речевой. Значимость полученных результатов для образования связана с перспективой уточнения существующих и разработки новых методов обучения математике с учетом современных данных о дифференциаль-

ной роли рабочей памяти в выполнении арифметических операций (Nyroos M. & Wiklund-Hörnqvist C., 2012) [28].

М.Н. Ashcraft & M.W. Faust (1994) [1] исследовали взаимосвязи математической тревожности и когнитивных процессов, связанных с арифметическими действиями. В их работе различают декларативное и процедурное знание. Математическая тревожность связана с процедурным компонентом арифметического знания на определенном уровне сложности математических заданий – «эффект трудности задания» (problem difficulty effect). Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы: 1) эффект математической тревожности более выражен при выполнении более сложных заданий, чем простое сложение и умножение; учащиеся с низким уровнем математической тревожности более успешны в решении сложных математических заданий; 2) в условиях ограничения времени наблюдается эффект «избегания математических задач», связанный с экономией когнитивных ресурсов и желанием завершить задание как можно быстрее, в ущерб правильности результата (Ashcraft M.H., 2002) [2]. Низкие базовые числовые навыки (например, точность репрезентации числа), в свою очередь связанные с развитием более сложных навыков решения математических задач, также могут быть связаны с математической тревожностью (Maloney E.A., Schaeffer M.W. & Beilock S.L., 2013) [23].

Исследования с использованием нейробиологических методов позволяют лучше понять природу математической тревожности. В исследовании C.B. Young, S.S. Wu & V. Menon (2012) [41] проанализированы данные фМРТ (функциональная магнитно-резонансная томография) 46 участников в возрасте от 7 до 9 лет в условиях решения задач на сложение и вычитание типа «верно-неверно». Гипотеза исследования строилась на существующих данных о том, что для состояний, ассоциируемых с тревожностью, характерна активация в

области амигдалы и медиальной префронтальной коры. Следовательно, если дети, характеризующиеся высоким уровнем тревожности, негативно воспринимают нейтральные числовые символы, то в условиях решения математических заданий должны активироваться именно эти области. Также было выдвинуто предположение о том, что для детей с высоким уровнем тревожности будет характерно снижение активности во внутритеменной борозде и дорсолатеральной префронтальной коре – областях, которые, согласно литературным данным, связаны с процессами математического познания у детей. Результаты показали, что в группе детей с высоким уровнем математической тревожности различия в скорости выполнения простых и сложных задач меньше, чем в группе детей с низким уровнем математической тревожности. Анализ нейробиологических данных выявил, что группа с высоким уровнем математической тревожности продемонстрировала: 1) более высокую активацию в областях, связанных с обработкой негативных эмоций; 2) меньшую активацию областей, связанных с математической аргументацией; 3) более высокую деактивацию в областях, отвечающих за процессы регуляции эмоций; 4) снижение активации в областях, связанных с вниманием и рабочей памятью. Таким образом, результаты анализа нейробиологических данных позволили подтвердить стимульно-предметную и ситуационную обусловленность математической тревожности. Кроме того, поскольку группы участников не отличались по уровню личностной тревожности, результаты исследования устанавливают, что наблюдаемые различия в активации связаны именно с математической тревожностью (Young C.B., Wu S.S. & Menon V., 2012) [41].

При математической тревожности негативные переживания связаны не только с процессом выполнения математических заданий, но и с ожиданием. Целью работы I.M. Lyons & S.L. Beilock (2011) [20] являлось исследование нейронной активности,

связанной с ожиданием и непосредственным выполнением математического задания. Выборку исследования составили 28 студентов; группы определялись в зависимости от уровня тревожности на основании результатов сокращенной шкалы математической тревожности («Short Math Anxiety Rating Scale»; L. Alexander, C. Martray) и не различались по уровню личностной тревожности и объему рабочей памяти. Экспериментальная парадигма включала в себя математические и лингвистические задания двух уровней сложности; перед началом задания предъявлялась подсказка о типе следующего задания. Результаты выявили значимые различия в мозговой активности, связанной с ожиданием и процессом выполнения математических заданий. Авторы исследования полагают, что при разработке образовательных программ необходимо делать акцент на компоненте контроля и саморегуляции негативных эмоций, а также учитывать значимость «опережающего эффекта» контроля негативных эмоций как условия минимизации негативного влияния математической тревожности на успешность математической деятельности (Lyons I.M. & Beilock S.L., 2011) [20].

Математическая тревожность, самоэффективность, субъективные репрезентации математического опыта

Ряд современных исследований посвящен анализу взаимосвязи математической тревожности и саморегуляции, самоэффективности и субъективных репрезентаций математического опыта. Так, исследование S. Jain, M. Dowson на выборке 232 учащихся 8 класса было посвящено взаимосвязи математической тревожности, многомерной саморегуляции и самоэффективности. В качестве диагностических инструментов использованы «Опросник мотивированных стратегий обучения» (Motivated Strategies for Learning Questionnaire (McKeachie W.J., Pintrich P.R., Lin Y.G.)), включающий в себя 10 шкал (самоэффективность, тестовая

тревожность, когнитивные и метакогнитивные стратегии и управление ресурсами), и «Шкала математической тревожности» (Mathematics Anxiety Scale, Fennema E., Sherman J.A.). При этом саморегуляция рассматривалась в качестве переменной, связанной с выбором когнитивных и метакогнитивных стратегий в достижении целей, а самооффективность – как аффективный компонент, определяющий степень уверенности в собственных способностях и мотивацию. В результате анализа данных выявлены статистически значимые положительные взаимосвязи саморегуляции и самооффективности и их негативная связь с математической тревожностью. В силу отсутствия значимых взаимосвязей математической тревожности и некоторых когнитивных стратегий авторы исследования предлагают рассматривать самооффективность как опосредующий фактор между многомерной саморегуляцией и математической тревожностью (Jain S. & Dowson M., 2009) [15].

В исследовании R. Karsenty (2004) [18] выделяется сложная и многоуровневая структура субъективной репрезентации математического опыта. На выборке взрослых людей выявлены компоненты математической когнитивной схемы, основанной на ретроспективном анализе опыта, связанного с математикой. Опыт изучения математики как школьного предмета описывается в континууме от выраженного положительного до стрессового. Восприятие математики как школьного предмета связано с логикой, пониманием и чувством уверенности в правильности ответов, высокой или низкой самооценкой и восприятием математики как интересной или скучной дисциплины. Интересно, что степень участия родителей в выполнении домашних заданий по математике их детьми оказалась также различной: от активного включения с акцентом на том, что математика важна в жизни не только как предмет школьной программы, и стремления помочь ребенку соответствовать предъявляемым в школе требованиям

до избегания оказания помощи. Результаты исследования показывают разнообразие репрезентаций субъективного опыта, связанного с изучением математики, продолжительность их влияния и возможный перенос родительского опыта изучения математики следующим поколениям [18]. Очевидно, понимание причинно-следственных отношений невозможно без учета процессов генотип-средового содействия. Так, например, наблюдаемая связь между степенью участия родителей в выполнении домашних заданий по математике их детьми и успешностью обучения может объясняться как прямым средовым влиянием, так и передачей на генетическом уровне.

В работе M. McGowen & D.O. Tall (2010) [27] обсуждается актуальность исследований когнитивных схем и предшествующего негативного и положительного опыта учащихся, связанного с математикой. В качестве ключевого конструкта рассматривается «эпистемологический барьер» (Bachelard G.), замедляющий процессы развития науки в связи с существующими когнитивными установками: феномен, связанный с тем, что предшествующее знание блокирует процесс освоения нового (Brousseau G.). В качестве примера приводится знак «-» – математический символ, с которым дети знакомятся в начальных классах. Этому символу в условиях задачи приписывается значение, связанное по смыслу со значением слова «забрать» как, например, в задаче «было 5 яблок, забрали 3 яблока – сколько яблок осталось?». В этом случае закрепляется принцип вычитания меньшего из большего. Позднее эта схема может вызывать затруднения в понимании отрицательных чисел. В этой логике субъективные репрезентации математических символов и понятий могут приводить к индивидуальным различиям в освоении математики. Таким образом, внешние факторы (негативное восприятие математики учителями, практика преподавания математики, предшествующий негативный опыт изучения математики и др.)

могут вносить вклад в развитие математической тревожности (McGowen M.A. & Tall D.O., 2010) [27].

«Специфичность» математической тревожности

Феномен тревожности в образовании приобретает предметную дифференциацию, и в этом смысле «математическая» тревожность не является исключительной. В ряде работ выделяются разные виды тревожности, таких как химическая, научная, статистическая и др. Например, феномен «химической» тревожности (chemistry anxiety) рассматривается как боязнь химических реагентов и химии как образовательной дисциплины (Huey C.C.S., 2013) [14]. «Химическая» тревожность также конкретизируется в зависимости от предметной специфики. Так, например, C.W. Bowen указывает на такие аспекты «тревожности студентов в химических лабораториях» (chemistry lab anxiety), как работа с химическими реагентами, использование оборудования, выполнение процедур, сбор данных, работа с другими студентами и ограниченность выполнения задания по времени (Bowen C.W., 1999) [6].

«Научная тревожность» (science anxiety) определяется как «истощающее взаимодействие эмоции – страха с когницией – обучением науке» (Mallow J. et al., 2010) [21, с. 356]. «Статистическая тревожность» определяется как негативные переживания, которые испытывают люди, сталкиваясь со статистикой в любой форме на любой ступени образования (Onwuegbuzie, 2004) [29]. В мета-анализе 276 научных публикаций за период 1990–2000 гг., посвященном проблеме «компьютерной тревожности», в качестве предпосылок возникновения компьютерной тревожности указываются личностные особенности и опыт взаимодействия человека и компьютера; в качестве переменных в различных исследованиях рассматриваются самоэффективность, отношение к компьютеру, легкость использования и многие другие. Размышляя об образовательном контек-

сте этой тревожности, автор ставит вопрос о ее возможных разновидностях в зависимости от сферы использования компьютера (application specific computer anxiety) (Powell A.L., 2013) [31].

Тенденция к дифференциации, детализации и предметной конкретизации феномена тревожности обнаруживается и в исследованиях гуманитарных дисциплин. Например, выделяется тревожность, связанная с музыкальными выступлениями (musical performance anxiety) (Taborsky C., 2007 [40]; Kenny D.T., Fortune J.M. & Ackermann B., 2013 [19]). Существенным для реконструкции феномена этого вида тревожности в различных предметных контекстах образовательной практики является осмысление таких специфических особенностей, как предъявление высоких требований к себе, сохранение готовности принять вызов и решить сложную задачу и страх быть «вторым» [40]. Также следует отметить фокус на различии между «истощающей» и «фасилитирующей» тревожностью в поиске ответа на вопрос об «оптимальном» уровне тревожности, необходимом для успешного решения задач (Simoens V.L., Puttonen S. & Tervaniemi M., 2013) [36].

Феномен тревожности, связанный с процессом изучения иностранного языка (foreign language classroom anxiety) (Matsuda S. & Gobel P., 2004 [25]; Özütürk G. & Hürsem C., 2013 [30]), определяется Е.К. Horowitz, М.В. Horowitz & J. Cope как «определенный комплекс самооценок, восприятия, убеждений, чувств, связанный с процессом изучения иностранного языка в образовательных учреждениях, определяемый уникальностью процесса изучения иностранного языка» (Capan S.A., Ahmet S. & Karaca M., 2013) [7, с. 1361]. Традиционная дифференциация различных видов иноязычной речевой деятельности на основе понимания соответствующих когнитивных оснований находит отражение в определении соответствующих видов «тревожностей», связанных с чтением на иностранном языке (foreign language reading anxiety) (Capan S.A., Ahmet S. & Karaca

М., 2013) [7], письмом на иностранном языке (Cheng Y.S., 2004) [8], аудированием (Matsuda S., Gobel P. & Zhang X., 2013) [26].

Основная цель исследований специфических видов тревожности заключается в понимании природы тревожности и ее особенностей в специфических контекстах современного образования, выявлении индивидуальных различий, анализе причинно-следственных взаимосвязей тревожности и успешности деятельности.

Заключение

Обзор литературы по проблеме математической тревожности показывает, что это сложный и многомерный феномен, обладающий множеством характеристик, внутренней динамикой развития и связанный с различными аспектами индивидуальных различий в обучении. Анализ публикаций, посвященных этой проблематике, позволяет говорить о противоречивости полученных результатов. Вопрос о разработке новых образовательных программ и методов коррекции математической тревожности и предотвращении ее возможных негативных последствий также остается нерешенным (Ramirez G. et al., 2013 [32]; Shodahl S.A. & Diers C. [35], 1984; Sloan T.R., 2010 [37]).

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, № 11.G34.31.0043.

Литература

1. Ashcraft M.H., Faust M.W. Mathematics anxiety and mental arithmetic performance: An exploratory investigation // *Cognition & Emotion*. – 1994. – Vol. 8(2). – P. 97–125.
2. Ashcraft M.H. Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences // *Current Directions in Psychological Science*. – 2002. – Vol. 11. – P. 181–185.
3. Ashcraft M.H., Moore A.M. Mathematics anxiety and the affective drop in performance // *Journal of Psychoeducational Assessment*. – 2009. – Vol. 27. – P. 197–205.
4. Bandura A. Self-efficacy conception of anxiety // *Anxiety Research: An International Journal*. – 1988. – Vol. 1(2). – P. 77–98.
5. Beilock S.L., Carr T.H. When high-powered people fail: working memory and «choking under pressure» in math // *Psychological Science*. – 2005. – Vol. 16. – P. 101–105.
6. Bowen C.W. Development and score validation of a Chemistry Laboratory Anxiety Instrument (CLAI) for college chemistry students // *Educational and Psychological Measurement*. – 1999. – Vol. 59. – P. 171–185.
7. Capan S.A., Ahmet S., Karaca M. A comparative study of listening anxiety and reading anxiety // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2013. – Vol. 70. – P. 1360–1373.
8. Cheng Y.S. A measure of second language writing anxiety: Scale development and preliminary validation // *Journal of Second Language Writing*. – 2004. – Vol. 13. – P. 313–335.
9. Devine A., Fawcett K., Szűcs D., Dowker A. Gender differences in mathematics anxiety and the relation to mathematics performance while controlling for test anxiety // *Behavioral and Brain Functions*. – 2012. – Vol. 8:33. – <http://www.behavioralandbrainfunctions.com/content/8/1/33>.
10. Eysenck M.W., Calvo M.G. Anxiety and performance: The processing efficiency theory // *Cognition & Emotion*. – 1992. – Vol. 6(6). – P. 409–434.
11. Frary R.B., Ling J.L. A factor-analytic study of mathematics anxiety // *Educational and Psychological Measurement*. – 1983. – Vol. 43. – P. 985–993.
12. Hembree R. The nature, effects, and relief of mathematics anxiety // *Journal for Research in Mathematics Education*. – 1990. – Vol. 21, No. 1. – P. 33–46
13. Hoffman B. «I think I can, but I'm afraid to try»: The role of self-efficacy beliefs and mathematics anxiety in mathematics problem-solving efficiency // *Learning and Individual Differences*. – 2010. – Vol. 20. – P. 276–283.
14. Huey C.C.S. Assessment of Chemistry Anxiety Among College Students // *Chemistry*

- Education and Sustainability in the Global Age / M.-H. Chiu et al. (eds.). – Springer Science + Business Media Dordrecht. – 2013. – P. 27–34.
15. *Jain S., Dowson M.* Mathematics anxiety as a function of multidimensional self-regulation and self-efficacy // *Contemporary Educational Psychology*. – 2009. – Vol. 34. – P. 240–249.
 16. *Johnson D.R., Gronlund S.D.* Individuals lower in working memory capacity are particularly vulnerable to anxiety's disruptive effect on performance // *Anxiety, Stress & Coping: An International Journal*. – 2009. – Vol. 22(2). – P. 201–213.
 17. *Kagan D.M.* A search for the mathematical component of math anxiety // *Journal of Psychoeducational Assessment*. – 1987. – Vol. 5. – P. 301–312.
 18. *Karsenty R.* Mathematical self-schema: a framework for analyzing adults' retrospection on high school mathematics // *Journal of Mathematical Behavior*. 2004. – Vol. 23. – P. 325–349.
 19. *Kenny D.T., Fortune J.M., Ackermann B.* Predictors of music performance anxiety during skilled performance in tertiary flute players // *Psychology of Music*. – 2013. – Vol. 41. – P. 306–328.
 20. *Lyons I.M., Beilock S.L.* Mathematics anxiety: Separating the math from the anxiety // *Cerebral Cortex*. – 2011. – Vol. 22. – P. 2102–2110.
 21. *Mallow J., Kastrup H., Bryant F.B., Hislop N., Shefner R., Udo M.* Science anxiety, science attitudes, and gender: Interviews from a binational study // *Journal of Science Education and Technology*. – 2010. – Vol. 19. – P. 356–369.
 22. *Maloney E.A., Ansari D., Fugelsang J.A.* The effect of mathematics anxiety on the processing of numerical magnitude // *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. – 2010. – Vol. 64(1). – P. 10–16.
 23. *Maloney E.A., Schaeffer M.W., Beilock S.L.* Mathematics anxiety and stereotype threat: shared mechanisms, negative consequences and promising interventions // *Research in Mathematics Education*. – 2013. – Vol. 15(2). – P. 115–128.
 24. *Martinez J.G.R.* Preventing math anxiety: A prescription // *Intervention in School and Clinic*. – 1987. – Vol. 23. – P. 117–125.
 25. *Matsuda S., Gobel P.* Anxiety and predictors of performance in the foreign language classroom // *System*. – 2004. – Vol. 32. – P. 21–36.
 26. *Matsuda S., Gobel P., Zhang X.* Foreign language listening anxiety and listening performance: Conceptualizations and causal relationships // *System*. – 2013. – Vol. 41. – P. 164–177.
 27. *McGowen M.A., Tall D.O.* Metaphor or Met-Before? The effects of previous experience on practice and theory of learning mathematics // *Journal of Mathematical Behavior*. – 2010. – Vol. 29. – P. 169–179.
 28. *Nyroos M., Wiklund-Hörnqvist C.* The association between working memory and educational attainment as measured in different mathematical subtopics in the Swedish national assessment: primary education // *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology*. – 2012. – Vol. 32(2). – P. 239–256.
 29. *Onwuegbuzie A.J.* Academic procrastination and statistics anxiety // *Assessment & Evaluation in Higher Education*. – 2004. – Vol. 29(1). – P. 3–19.
 30. *Özütürk G., Hürsem C.* Determination of english language learning anxiety in EFL classrooms // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2013. – Vol. 84. – P. 1899–1907.
 31. *Powell A.L.* Computer anxiety: Comparison of research from the 1990s and 2000s // *Computers in Human Behavior*. – 2013. – Vol. 29. – P. 2337–2381.
 32. *Ramirez G., Gunderson E.A., Levine S.C., Beilock S.L.* Math anxiety, working memory, and math achievement in early elementary school // *Journal of Cognition and Development*. – 2013. – Vol. 14(2). – P. 187–202.
 33. *Richardson F.C., Suinn R.M.* The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data // *Journal of Counseling Psychology*. – 1972. – Vol. 18(6). – P. 551–554.
 34. *Sherard W.H.* Math anxiety in the classroom // *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*. – 1981. – Vol. 55(3). – P. 106–110.
 35. *Shodahl S.A., Diers C.* Math Anxiety in College Students: Sources and Solutions //

- Community College Review. – 1984. – Vol. 12. – P. 32–36.
36. *Simoens V.L., Puttonen S., Tervaniemi M.* Are music performance anxiety and performance boost perceived as extremes of the same continuum? // *Psychology of Music*. – Published online 30 September 2013. – DOI: 10.1177/0305735613499200.
37. *Sloan T.R.* A quantitative and qualitative study of math anxiety among preservice teachers // *The Educational Forum*. – 2010. – Vol. 74(3). – P. 242–256.
38. *Sparfeldt J.R., Rost D.H., Baumeister U.M., Christ O.* Test anxiety in written and oral examinations // *Learning and Individual Differences*. – 2013. – Vol. 24. – P. 198–203.
39. *Stent A.* Can math anxiety be conquered? // *Change: The Magazine of Higher Learning*. – 1977. – Vol. 9(1). – P. 40–43.
40. *Taborsky C.* Musical Performance Anxiety: A Review of Literature // *Applications of Research in Music Education*. – 2007. – Vol. 26. – P. 15–25.
41. *Young C.B., Wu S.S., Menon V.* The neurodevelopmental basis of math anxiety // *Psychological Science*. – 2012. – Vol. 23(5). – P. 492–501.

PHENOMENON OF MATHEMATICAL ANXIETY IN EDUCATION

O.E. BOGDANOVA¹, Y. KOVAS^{1,2}, E.L. BOGDANOVA¹, K.K. AKIMOVA¹, E.I. GYNKU¹

¹ *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia;*

² *Goldsmiths, University of London, London, UK*

The article provides an overview of publications devoted to the study of mathematical anxiety in education. Theoretical foundations of interdisciplinary research into mathematical anxiety are discussed in the context of cognitive psychology and educational psychology. The results of research into the relationship between mathematical anxiety, self-efficacy, self-regulation and other variables are discussed. The review demonstrates the importance and relevance of research into mathematical anxiety.

Keywords: mathematical anxiety, working memory, theory of efficiency of information processing, effect of the limit, subjective representations of mathematical experience, neuropsychological basis.