

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ АКАДЕМИЧЕСКИХ ДОСТИЖЕНИЙ С СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ СТАТУСОМ, КОГНИТИВНЫМИ СПОСОБНОСТЯМИ И САМООЦЕНКОЙ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ УЧАЩИХСЯ СТАРШИХ КЛАССОВ

А. ДИРИК¹, О.Е. БОГДАНОВА^{2*}, Ю.В. КОВАС^{1,2}

¹ *Голдсмитс колледж, Университет Лондона, Лондон, Великобритания;*

² *ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия*

Рассматривается проблема развития математических способностей учащихся в школах с различным социально-экономическим статусом. Цель исследования заключается в определении когнитивных и субъективных показателей, которые могут быть связаны с результатами экзамена по математике (Экзамен на Общее Свидетельство о Среднем Образовании – GCSE), а также с самооценкой способностей к математике. Проведены множественный регрессионный анализ и групповые сравнения, результаты которых позволили частично подтвердить гипотезы исследования и стали основанием для постановки новых исследовательских вопросов.

Ключевые слова: академические достижения, математические способности, чувство числа, математическая беглость, самооценка способностей, социально-экономический статус, общее свидетельство о среднем образовании, множественный регрессионный анализ.

Введение

Тенденция к снижению качества математического образования наряду с ростом востребованности высококвалифицированных специалистов в области науки, технологии, инженерных наук и математики (STEM) приобретает глобальный характер и определяет содержание актуальных исследовательских направлений. Значимость проведения исследований, направленных на выявление ограничений существующих образовательных программ и способов оценивания математических достижений для Великобритании [28] определяется тем, что: 1) значительная доля

работающего населения Великобритании характеризуется относительно низким уровнем математической компетентности (уровень начальной школы) [15]; 2) образовательные, эмоциональные проблемы и проблемы, связанные с трудоустройством, являются следствием низкого уровня развития математического мышления и обходятся Великобритании около 2,4 млн. фунтов ежегодно [15]; 3) в соответствии с результатами международной программы по оценке математических способностей (PISA), Великобритания занимает 28-е место среди 74 стран-участников [22].

Социально-экономические составляющие оценки «математической образованности» населения Великобритании задают фокус осмысления научных результатов последних лет и определяют постановку исследовательских вопросов. Как сделать так, чтобы образовательные программы по математике наиболее полно учитывали и способствовали реализации ресурсного

© Дирик А., Богданова О.Е., Ковас Ю.В., 2012

* **Для корреспонденции:**

Богданова Ольга Евгеньевна

Национальный исследовательский Томский государственный университет

E-mail: olga_tomsk@front.ru

потенциала человека (например, способности чувства числа, математической беглости, способности к оцениванию) в области математических достижений? Каким образом и в какой степени развитие математических способностей определяется влиянием социально-экономических факторов?

Анализ актуальных в обозначенной логике исследований позволяет говорить о том, что, с одной стороны, определенный уровень чувства числа присутствует даже в невербальных популяциях, в которых отсутствует формальное обучение математике, таких как младенцы [18] и человекообразные животные [11], а, с другой стороны, возникает вопрос о степени взаимосвязи чувства числа и математических способностей в зависимости от возрастных различий и о существовании этой взаимосвязи за пределами базовых математических навыков [6, 17]. Открытым остается вопрос и о том, приводит ли более высокий уровень развития чувства числа к более быстрому достижению математической беглости как скорости решения простых математических задач в условиях временных ограничений. При этом становятся значимыми исследования этиологии математической беглости, включающие в себя генетический компонент [26].

Основной акцент в рассмотрении взаимосвязи между социально-экономическим статусом, академическими достижениями и математическими способностями [4, 35, 36] делается на различных аспектах самовосприятия (индивидуальные восприятия учащихся социально-экономического статуса семьи и школы [5], Я-концепция, самооффективность [3], самовосприятие способностей [21]).

Конструкты «Я-концепция», «самооффективность» или «самовосприятие способностей» связаны с установками людей в отношении собственного уровня способностей [14] и определяются в настоящем исследовании как «самооценка способностей».

Результаты опубликованных исследований говорят о том, что самооценка способностей служит предиктором математических способностей за пределами дисперсии, определяемой общими когнитивными способностями [7, 33]. Более того, значимые корреляции были найдены между самооценками способностей студентов и вероятностью перехода на ступень высшего образования [8]. Современные исследования генетической и средовой этиологии самооценки способностей предоставили результаты, свидетельствующие о том, что дисперсия в академических достижениях, предиктором которой служит самооценка способностей, обуславливается генетическими факторами [14]. Генетически чувствительные исследования показывают, что в то время как около половины дисперсии в результатах по математике может быть определено общими когнитивными способностями, самооценки способностей вносят значимый вклад в прогноз показателей за этими пределами [33]. Помимо генетического фактора, в близнецовых исследованиях обнаружено, что неразделенная среда вносит вклад в дисперсию самооценок способностей [19, 27].

Если субъективные Я-концепции и самооценки способностей студентов по математике могут выступать в качестве предикторов уровня математических достижений, то представляет интерес исследование других субъективных измерений, которые могут быть предикторами самооценки способностей и реальных достижений. Например, имеются данные о том, что: поддержка сверстников, братьев и сестер объясняет значимую долю дисперсии в академических самооценках способностей [1]; социальная поддержка родителей является существенным предиктором достижения академического успеха [9, 10]. Вопрос в том, вносит ли значимый вклад в самооценку способностей и академических достижений восприятие учащимися этой поддержки независимо от ее реального объема?

Основная цель исследования заключается в понимании факторов, определяющих дисперсию в достижениях учащихся по математике в контексте результатов экзамена для получения общего свидетельства о среднем образовании (ОССО) по математике. Общее свидетельство о среднем образовании (по-английски «General Certificate of Secondary Education» – GCSE) является стандартной квалификацией по математике в Великобритании и обязательным экзаменом в государственных школах и большинстве частных школ. После освоения образовательной программы в течение двух лет учащиеся оцениваются по математическим тестам с временным ограничением, которые требуют «воспроизвести и использовать знания»; «выбрать и применить математические методы в различных контекстах» и «интерпретировать и анализировать проблемы и предложить стратегии их решения» [23].

Главная задача исследования состоит в получении ответа на вопрос о том, какие факторы определяют изменчивость самооценок способностей. Гипотеза исследования заключается в том, что когнитивные показатели чувства числа и математической беглости вносят существенный вклад в результат экзамена ОССО и самооценку способностей по математике; более высокие субъективные показатели социально-экономического статуса и воспринимаемой поддержки будут определять более высокие результаты экзамена ОССО и самооценки способностей и более высокие результаты по всем показателям учащихся в районах с высоким социально-экономическим статусом.

Методика

В исследовании приняли участие 169 учащихся пяти колледжей Лондона и близлежащих районов. Школы были отобраны на основании отчетов государственных проверок по критерию количества учащихся,

имеющих право на получение бесплатного питания. Этот критерий был использован в качестве показателя социально-экономического статуса. 131 участник в возрасте от 17 до 21 года ($M=17,97$, $SD=1,75$) выполнил тестовую батарею on-line; 31% – участники мужского пола ($N=41$) и 69% – участники женского пола ($N=90$). 47% участников ($N=61$) принадлежали к школе с «низким социально-экономическим статусом» и 53% ($N=70$) – с «высоким социально-экономическим статусом». Одна из школ с высоким социально-экономическим статусом имела более высокие критерии поступления, определяемые результатами вербальных и невербальных логических тестов.

План проведения исследования был утвержден этическим комитетом Голдсмита колледжа, Университет Лондона. До начала исследования было получено согласие на участие от учащихся старше 18 лет и от учителей и родителей в случаях, если учащиеся не достигли 18 лет. Данные собирались и обрабатывались с соблюдением условий конфиденциальности и анонимности. После тестирования с участниками было проведено обсуждение целей и методов исследования.

Материалы исследования включали в себя опросники, направленные на получение демографических данных, субъективных оценок способностей и социального статуса, on-line версию батареи «чувство числа». Использование режима on-line тестирования осуществлялось через сайт исследовательской группы InLab факультета психологии Голдсмита колледжа, Университет Лондона (Лондон, Великобритания). Участникам исследования были представлены инструкции по заполнению опросников и батареи «чувство числа».

В качестве основных переменных исследования были определены следующие.

1. *Уровень образования членов семьи.* Высшее образование родителей рассматривалось как показатель социально-экономического статуса в дополнение к пока-

зателю социально-экономического статуса школы.

2. *Ежегодный семейный доход* как второй показатель социально-экономического статуса.

3. *Самооценка математических способностей*. Данные, полученные по результатам шкалы самооценки способностей PISA [29]: участникам предлагались восемь математических задач, связанных с реальной жизнью, и указать, насколько уверенно они чувствуют себя при их решении.

4. *Самооценка социального статуса*. Субъективная шкала социального статуса MacArthur была разработана для преодоления ограничений, связанных с традиционным измерением социально-экономического статуса (СоЭС) [24]. Вместо оценивания объективных показателей социально-экономического статуса участникам задается вопрос о том, насколько высоко или низко они оценивают собственный социально-экономический статус в местном сообществе и в обществе в целом. Это реализуется на основе визуального расположения на лестнице, верхняя ступень которой соответствует высокому социально-экономическому статусу. Версия для подростков предполагает, что участники исследования оценивают собственный статус в контексте школы и статус семьи в контексте общества [13]. Для анализа были рассчитаны два суммарных балла: «самооценка социального статуса–семья» – сумма оценок учащихся статуса семей и «самооценка социального статуса–Я» – сумма самооценок социального статуса учащихся.

5. *Восприятие семьи, сверстников и учителей*. Восприятие участниками взаимоотношений с учителями, сверстниками и семьей во взаимосвязи с обучением измерялось с использованием «Опросника включенности учащихся» («Student Engagement Instrument») [2]. Этот опросник заполнялся в режиме on-line и участники отвечали по 4-балльной шкале от «не согласен» (1) до «согласен» (4). Проведенный

анализ главных компонентов выявил три фактора, доля которых составила 65,35% дисперсии. Значения регрессии были получены для трех компонентов: поддержка сверстников, поддержка учителя и поддержка семьи.

6. *Результаты экзамена ОССО по математике*. Все участники исследования проходили оценивание по тесту математических достижений (ОССО) в возрасте 15 или 16 лет. Образовательная программа Великобритании включает в себя темы: «Арифметика и алгебра» (графики, формулы, дроби и алгебраические вычисления), «Статистика и теория вероятности», «Геометрия и измерения» [23]. Оценивание варьирует от A* (самая высокая оценка) до F (самая низкая), уровень удовлетворительного освоения дисциплины соотносится с оценкой C [31].

7. *Тест «Верно или неверно» («Математическая беглость» – «Problem Verification Task»)*. Задание «математическая беглость» использовалось для оценивания способности участника принимать решение о корректности вычисления в условиях ограниченного времени [20]. Для каждой попытки математическое уравнение было показано в верхней части экрана и участники должны были в течение 10 секунд ответить «верно», «неверно», «не знаю».

8. *Тест «Чувство числа» («Dot Task»)*. Задание «чувство числа» применялось как способ измерения чувства числа и навыков оценивания приблизительного количества [16]. Участникам предъявлялась картинка с несколькими желтыми и синими точками в течение 400 миллисекунд. После этого в течение 8 секунд необходимо было решить, каких точек было больше – желтых или синих.

9. *Тест «Числовая линия» («Number Line Task»)*. Способности участников оценивались с помощью изображения числовой линии, представляющей числа от 0 до 1000 [25]. В каждой попытке участникам предъявлялось число между 0 и 1000, за-

дание состояло в определении его расположения на числовой линии.

10. Тест «Точки и числа» («Dot Number Task»), который представляет собой соотнесение символически и несимволически выраженного количества. Задание «точки и числа» рассматривалось в качестве дополнительного показателя чувства числа. Участникам предъявлялось изображение числа (от 1 до 9) рядом с изображением нескольких точек, количество которых либо соответствовало числу, либо нет. Изображение предъявлялось в течение 2 секунд, и в течение этого времени нужно было выбрать ответ «правильное количество» или «неправильное количество».

Результаты

Перед основным анализом данных все переменные были проанализированы на соответствие критериям запланированного анализа. Все переменные соответствовали нормальному распределению, со значениями асимметрии и эксцесса в допустимых пределах [34]. Экстремальные значения были проанализированы и четыре одномерных выброса были удалены из переменной «числовая линия».

Поскольку прогнозировалась возможность обнаружения пропущенных значений в связи с тем, что участники могли решить не отвечать на некоторые вопросы или завершить работу в процессе тестирования, был проведен анализ пропущенных значений в Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Большинство участников (76%) не ответило на вопрос о семейном доходе, в связи с чем эта переменная была удалена. В число других переменных, в которых было более 5% пропущенных значений, вошли «математическая беглость» (9,2%), «точки и числа» (6,9%), «чувство числа» (8,4%) и показатель уровня образования членов семьи (6,9%). По результатам теста пропущенных данных (Little's MCAR test – Missing Completely At Random) и расчета t-критерия

с отдельным расчетом дисперсии, пропущенные данные рассматриваются как случайно пропущенные и «игнорируемое отсутствие ответа» [34].

Корреляции Пирсона между переменными для всей выборки приведены в таблице 1. К числу переменных отнесены: пол; СоЭС школы; уровень образования членов семьи; ОССО; математическая беглость; числовая линия; чувство числа; точки и числа; самооценка математических способностей; самооценка социального статуса – семья; самооценка социального статуса – я; восприятие учителей; восприятие сверстников; восприятие семьи.

Взаимосвязь между оценками ОССО, когнитивными и субъективными показателями

Исследовательский вопрос заключался в том, могут ли результаты экзамена ОССО прогнозироваться на основании когнитивных показателей батареи математических тестов и субъективных показателей. Были проведены два множественных регрессионных анализа с результатами экзамена ОССО в качестве зависимой переменной и 2 параметрами: 1) когнитивными показателями («числовая линия», «чувство числа», «точки и числа», «математическая беглость»); 2) субъективными показателями (самооценка социального статуса–семья, самооценка социального статуса–Я, восприятие учителя, восприятие сверстников, восприятие семьи, самооценка способностей) как предикторами.

Результаты регрессионных анализов показывают, что обе модели значимо отличаются от нуля; предикторами результатов экзамена ОССО выступают показатели задания «математическая беглость» ($\beta=0,472$, $r=0,001$) и показатели самооценки способностей ($\beta=0,412$, $p<0,001$).

Третий множественный регрессионный анализ включил предикторы «выбор правильного ответа», самооценка способностей, а также пол, социально-экономический статус школы, уровень образования членов семьи.

Таблица 1

Корреляции Пирсона между переменными для всей выборки

	Пол	СоЭС школы	Уровень образования членов семьи	ОССО	Математическая беглость	Числовая линия	Чувство числа	Точки и числа	Само-оценка математ. способностей	Само-оценка соц. статуса – семья	Само-оценка соц. статуса – Я	Восприятие учителей	Восприятие сверстников	Восприятие семьи
Пол	1													
СоЭС школы	-0,003	1												
Уровень образования членов семьи	0,150	0,342**	1											
ОССО	0,041	0,286**	0,274**	1										
Математическая беглость	-0,321**	0,082	0,089	0,460**	1									
Числовая линия	0,293**	-0,002	0,033	-0,240**	-0,436**	1								
Чувство числа	-0,094	0,024	0,066	0,162	0,217*	-0,078	1							
Точки и числа	-0,055	-0,010	0,007	0,138	0,188*	-0,158	0,194*	1						
Самооценка математ. способностей	-0,258**	0,281**	0,192*	0,454**	0,374**	-0,364**	0,132	-0,064	1					
Самооценка соц. статуса – семья	0,000	0,251**	0,400**	0,081	0,035	0,000	0,272**	0,055	0,086	1				
Самооценка соц. статуса – Я	-0,163	-0,073	0,138	0,020	0,150	-0,126	-0,046	-0,013	0,149	0,281**	1			
Восприятие учителей	-0,093	-0,072	-0,068	-0,108	0,086	-0,091	-0,089	0,072	-0,056	-0,114	0,048	1		
Восприятие сверстников	0,060	0,046	0,073	-0,125	-0,099	0,039	0,103	-0,028	-0,209*	0,068	-0,103	-0,332**	1	
Восприятие семьи	0,131	0,044	0,057	0,017	0,074	0,000	-0,196*	0,041	0,140	-0,098	0,011	0,306**	-0,233**	1

Примечание: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ (двусторон.)

Результаты анализа показывают, что модель достоверно отличается от нуля ($F(5,103)=12,245$, $p<0,001$ при $R^2=0,342$); предикторами результатов экзамена ОССО являются такие показатели, как «математическая беглость» ($\beta=0,369$, $p<0,001$), самооценка способностей ($\beta=0,303$, $p<0,01$), пол ($\beta=0,203$, $p<0,05$).

На основании полученных данных был продолжен регрессионный анализ, включающий в себя самооценку способностей, «математическую беглость» и пол в качестве предикторов оценок ОССО. Результаты стандартной множественной регрессии указывают на значимость итоговой модели ($F(3,113)=19,303$, $p<0,001$ при $R^2=0,339$). Предикторами результатов экзамена ОССО являются показатели «математическая беглость» ($\beta=0,399$, $p<0,001$), самооценка способностей ($\beta=0,356$, $p<0,001$) и пол ($\beta=0,226$, $p<0,01$). Частичные корреляции указывают на то, что результаты выполнения задания «математическая беглость» (0,360) являются наиболее значимыми, за которыми следуют самооценка способностей (0,324) и пол (0,210). При анализе остатков было установлено, что предположения о нормальности, линейности и степени постоянства условий дисперсии были достигнуты. Ре-

зультаты множественного регрессионного анализа представлены в таблице 2.

В процессе анализа был получен ответ на вопрос, могут ли самооценки способностей по математике быть спрогнозированы на основании результатов экзамена ОССО, когнитивных показателей батареи математических тестов и субъективных показателей. Два множественных регрессионных анализа были проведены с баллами самооценки способностей в качестве зависимой переменной и 2 параметрами: 1) когнитивными показателями; 2) субъективными показателями в качестве предикторов.

Результаты регрессионного анализа показали, что модель с когнитивными показателями значимо отличается от нуля ($F(5,94)=11,063$, $p<0,001$ при $R^2=0,37$); предикторами самооценки способностей являются такие показатели, как результаты экзамена ОССО ($\beta=0,294$, $p<0,01$), «математическая беглость» ($\beta=0,265$, $p<0,05$), «числовая линия» ($\beta=-0,206$, $p<0,05$) и «чувство числа» ($\beta=-0,180$, $p<0,05$). Анализ модели с субъективными показателями (самооценка социального статуса – семья, самооценка социального статуса – Я, восприятие учителя, восприятие сверстников, восприятие семьи и самооценка способностей) свидетельствует о том,

Таблица 2

**Показатели «математическая беглость»,
пол и самооценка способностей как предикторы результата экзамена ОССО**

Переменные	М	SD	t	B	β	sr ² (инд.)
Математическая беглость	33,36	8,19	4,706	0,047***	0,40	0,13
Пол	0,68	0,47	2,749	0,461**	0,23	0,04
Самооценка способностей	33,36	0,602	4,232	0,565***	0,36	0,10
Оценка свободного члена регрессии	-0,293					
R ²	0,34					
Скорректированный R ²	0,32					
R	0,58***					

Примечание: индивидуальная вариабельность=0,27, общая вариабельность=0,07; * $p<0,05$, ** $p<0,01$ *** $p<0,001$

что модель не является статистически значимой ($F(5,119)=2,253$, $p>0,05$) и соответственно самооценка способностей не может быть спрогнозирована на основании других субъективных показателей.

Третий множественный регрессионный анализ был осуществлен со значимыми предикторами: результаты экзамена ОССО, «числовая линия», «математическая беглость» и «чувство числа», пол, социально-экономический статус школы и уровень образования членов семьи. Результаты анализа показали, что модель значима ($F(6,99)=11,644$, $p<0,001$ при $R^2=0,414$); предикторами самооценки способностей являются результаты экзамена ОССО ($\beta=0,307$, $p=0,001$), «числовая линия» ($\beta=-0,217$, $p<0,05$), «математическая беглость» ($\beta=0,201$, $p<0,05$), «чувство числа» ($\beta=-0,160$, $p<0,05$) и социально-экономический статус школы ($\beta=0,158$, $p<0,05$).

На следующем этапе был проведен анализ, в котором в качестве независимых переменных выступали результаты экзамена ОССО, «числовая линия», «математическая беглость», «чувство числа» и «социально-экономический статус школы». Итоговая модель значима ($F(5,100)=13,053$, $p<0,001$ при $R^2=0,395$); предикторами самооценки способностей являются результаты экзамена ОССО ($\beta=0,267$, $p<0,01$), «числовая линия» ($\beta=-0,253$, $p<0,01$), «математическая беглость» ($\beta=0,255$, $p=0,01$), «чувство числа» ($\beta=-0,163$, $p<0,05$) и социально-экономический статус школы ($\beta=0,170$, $p<0,05$). Частичные корреляции указывают на то, что результаты экзамена ОССО (0,226) имеют наибольшее значение, после которых следуют «числовая линия» (-0,228), «математическая беглость» (0,203), социально-экономический статус школы (0,166) и «чувство числа» (-0,160). Анализ остатков продемонстрировал, что предположения о нормальности, линейности и степени постоянства условий дисперсии были достигнуты. Результаты множественного регрессионного анализа представлены в таблице 3.

Сравнение между школами с высоким и низким социально-экономическим статусом

Для исследования различий между школами с высоким и низким социально-экономическим статусом по 12 когнитивным (результаты экзамена ОССО, «математическая беглость», «числовая линия», «точки и числа», «чувство числа») и субъективным (самооценка социального статуса – Я, самооценка социального статуса – семья, восприятие учителя, восприятие сверстников, восприятие семьи, самооценка способностей и уровень образования членов семьи) показателям как независимым переменным было проведено 12 тестов по t-критерию Стьюдента для независимых выборок с учетом поправки Бонферрони ($p=0,004$), применяемой для корректировки множественных сравнений (0.05/12).

По результатам проведенного анализа были обнаружены значимые различия между учащимися школ с высоким и низким социально-экономическим статусом по следующим показателям: самооценка способностей ($M=3,14$, $SD=0,52$ и $M=2,80$, $SD=0,67$, соответственно, при $t(129)=-3,327$ и $p=0,001$); результаты экзамена ОССО ($M=3,57$, $SD=1$ и $M=3,02$, $SD=0,87$, соответственно, при $t(127)=-3,396$ и $p=0,001$); уровень образования членов семьи ($M=0,98$, $SD=0,85$ и $M=0,38$, $SD=0,67$, соответственно, при $t(120)=-4,038$ и $p<0,001$).

Эти результаты свидетельствуют о том, что учащиеся в школах с низким социально-экономическим статусом имеют значительно более низкие самооценки способностей по математике, более низкие результаты экзамена ОССО и в меньшей степени вероятность того, что их родители получили университетское образование, чем учащиеся в школах с высоким социально-экономическим статусом. Представляется существенным, что не выявлены значимые различия в результатах учащихся по когнитивным заданиям («математическая беглость», «числовая линия», «чувство числа», «точки и числа»)

Таблица 3

Результат экзамена ОССО, «математическая беглость», «числовая линия», социально-экономический статус школы, «чувство числа» как предикторы самооценки способностей

Переменные	M	SD	t	B	β	sr ² (инд.)
Результат экзамена ОССО	3,26	0,95	2,907	0,166**	0,27	0,05
Математическая беглость	33,86	8,05	2,616	0,019*	0,26	0,04
Числовая линия	38,57	13,90	-2,936	-0,011**	-0,25	0,05
Социально-экономический статус школы	0,52	0,50	2,129	0,199*	0,17	0,03
Чувство числа	113,62	10,52	-2,051	-0,009*	-0,16	0,03
Оценка свободного члена регрессии						
	3,150					
R ²	0,40					
Скорректированный R ²	0,37					
R	0,69***					

Примечание: индивидуальная вариабельность=0,20, общая вариабельность=0,20; *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

в школах с высоким и низким социально-экономическим статусом. Более того, не найдено значимых различий в восприятии учащимися родителей, сверстников и учителей, а также в восприятии собственного социального статуса.

Различия между учащимися в школах с различными критериями отбора при поступлении

Поскольку в одной из школ осуществлялся отбор при поступлении на основании тестов академических способностей, было проведено итоговое исследование, направленное на выявление различий между учащимися в этой школе и учащимися в других школах: 12 тестов по t-критерию Стьюдента для независимых выборок с такими же переменными, как и в предыдущем анализе с учетом поправки Бонферрони ($p=0,004$) для корректировки множественных сравнений (0.05/12).

Значимые различия между школами с отбором при поступлении и без отбора при поступлении были обнаружены по следующим показателям: результаты экзамена ОССО ($M=4,29$, $SD=0,72$ и $M=2,85$, $SD=0,66$, соответственно, при $t(66)=$

$-8,625$, $p<0,001$); самооценка способностей ($M=3,34$, $SD=0,43$ и $M=2,96$, $SD=0,53$, соответственно, при $t(68)=-3,283$, $p=0,002$). Однако несмотря на то, что учащиеся школ с отбором при поступлении имели более высокие результаты экзамена ОССО и более высокие самооценки способностей по математике, они не отличались более высокими результатами по когнитивным показателям («математическая беглость», «числовая линия», «чувство числа», «точки и числа»). Более того, не были констатированы значимые различия в восприятии родителей, учителей, сверстников и субъективного социального статуса.

Поскольку задание «верно или неверно» служит показателем математической беглости и значимым предиктором результатов экзамена ОССО, был осуществлен эксплораторный анализ. Баллы задания «верно или неверно» были введены в качестве зависимой переменной в регрессию с использованием методов предыдущих анализов. Итоговая модель значима ($F(3,113)=23,863$, $p<0,001$ при $R^2=0,394$); предикторами результатов выполнения задания «верно или неверно» являют-

ся результаты экзамена ОССО ($\beta=0,429$, $p<0,001$), «числовая линия» ($\beta= -0,258$, $p=0,002$) и пол ($\beta= -0,234$, $p=0,004$). Частичные корреляции указывают на то, что результаты экзамена ОССО (0,416) имеют наибольшую значимость, за которым следуют «числовая линия» (-0,237) и пол (-0,221). Таким образом, результаты свидетельствуют о том, что предикторами успешности выполнения задания «верно или неверно» являются результаты экзамена ОССО, «числовая линия» и пол (с более высокими показателями участников женского пола).

Обсуждение

Цель исследования заключалась в анализе когнитивных и субъективных показателей, связанных с результатами экзамена ОССО и самооценкой способностей по математике. Гипотезы «когнитивные показатели чувства числа и математической беглости вносят значительный вклад в результаты по ОССО и самооценки учащихся способностей по математике» и «более высокие показатели субъективных оценок социально-экономического статуса и воспринимаемой поддержки связаны с более высокими результатами экзамена ОССО и самооценками способностей» исследовались одновременно посредством множественного регрессионного анализа. Обе гипотезы получили частичное подтверждение.

Результаты множественного регрессионного анализа позволяют рассматривать в качестве предикторов результатов экзамена ОССО показатели: «математическая беглость», самооценка способностей и пол. Результаты, связанные с гендерными различиями, следует интерпретировать, принимая во внимание то, что количество участников женского пола ($N=90$) было существенно больше участников мужского пола ($N=41$). Взаимосвязь между самооценкой способностей и результатами экзамена ОССО оказалась взаимной. В формате ана-

лиза данных невозможно установить направление обусловленности, однако можно сделать предположение о том, что как более высокие достижения по математике будут определять более высокие самооценки способностей учащихся, так и учащиеся с более высокими самооценками способностей с большей степенью вероятности будут успешны в изучении математики.

Задание «математическая беглость» вносит значимый вклад в дисперсию результатов экзамена ОССО (21,6%). Сходство между тестами заключается в том, что они выполняются в условиях ограниченного времени и требуют быстрого воспроизведения математического знания. Как показано в предыдущих исследованиях, определенный уровень декларативного знания необходим для перехода к решению математических задач более сложного уровня [12]. Возможно, что учащиеся, которые достигли определенного уровня в математической беглости, обладают более развитыми способностями к изучению понятий, осваиваемых на уровне экзамена ОССО, и могут их реализовывать при решении экзаменационных заданий. В то же время это может быть и результатом, свидетельствующим о способности учащихся решать задачи в условиях экзамена.

Необходимо отметить, что показатели чувства числа не вносят значимого вклада в дисперсию результатов экзамена ОССО. Одной из возможных причин может быть то, что, хотя многие учащиеся и характеризуются высоким уровнем развития чувства числа, оно не трансформируется в более высокую систему вычислений и решения задач. Это представляет интерес, поскольку результаты других исследований говорят о том, что хорошо развитое чувство числа, такое как внутренняя репрезентация числовой линии, связано с достижениями по математике [17]. Результаты проведенного исследования не подтвердили данные предыдущих работ о том, что восприятие учащимися поддержки сверстников, учителей и семьи определяют более высокие дости-

жения [1, 10, 32]. Возможно, что восприятие социального статуса и поддержки мало влияют на развитие реальных математических навыков, которые определяются автоматизацией процессов.

Результаты множественного регрессионного анализа дают возможность рассматривать результаты экзамена ОССО, социально-экономический статус школы и результаты выполнения заданий «числовая линия», «математическая беглость» и «чувство числа» в качестве предикторов самооценки математических способностей. Несмотря на то, что взаимосвязь между самооценкой способностей и результатами экзамена ОССО двусторонняя, результаты свидетельствуют о том, что показатели чувства числа также связаны с концепцией учащихся. Результаты демонстрируют, что участники с более развитым чувством числа (по итогам выполнения заданий «числовая линия» и «чувство числа») имеют более высокие самооценки способностей по математике. На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что система оценивания результатов экзамена ОССО не учитывает и не поощряет учащихся за более высокий уровень развития этих способностей: учащиеся с более высоким уровнем развития чувства числа решают математические задачи с большей уверенностью, однако это не всегда находит отражение в более высоких оценках.

Исследование взаимосвязи самооценки способностей и субъективных показателей основано на данных, свидетельствующих о том, что после генов наиболее высокая изменчивость в самооценках способностей может быть объяснена факторами неразделенной среды [14]. При этом результаты настоящего исследования указывают на то, что субъективные показатели не вносят значимого вклада в дисперсию самооценок способностей участников исследования. Возможно, Я-концепция по математике в высокой степени детерминирована предметной областью, что означает отсутствие

взаимосвязи между другими субъективными показателями и тем, как учащиеся оценивают собственные математические способности.

По результатам исследования установлена значимая взаимосвязь между социально-экономическим статусом школы и самооценками способностей, что может рассматриваться в качестве оснований для исследований различий между школами с высоким и низким социально-экономическим статусом для определения дифференцирующих факторов.

В связи с этим третья гипотеза о том, что «учащиеся в школах с высоким социально-экономическим статусом будут иметь более высокие баллы по всем показателям» была частично подтверждена. Результат, связанный с тем, что учащиеся в школах с высоким социально-экономическим статусом с большей степенью вероятности имеют родителей, получивших университетское образование, достаточно очевиден. Значимые различия между школами определяются самооценками способностей и результатами экзамена ОССО.

Важным итогом исследования представляется то, что не выявлены значимые различия между школами с разными социально-экономическими статусами по результатам батареи «чувство числа». Это позволяет ставить вопрос о том, почему учащиеся в школах с низким социально-экономическим статусом показывают значительно более низкие результаты экзамена ОССО, в то время как уровень развития чувства числа и математической беглости находится практически на одном уровне с учащимися в школах с высоким социально-экономическим статусом. Объяснение может заключаться в том, что экзамен ОССО не способствует включенности учащихся с низким социально-экономическим статусом или у них может быть более низкий уровень мотивации достижения высоких результатов. Эти объяснения носят гипотетический характер, однако дают возможность обозначить императив иссле-

дований в данной области для понимания этого феномена.

Выявление различий между школами с высоким и низким социально-экономическим статусом в самооценках способностей предсказуемо, так как учащиеся школ с низким социально-экономическим статусом имели и более низкие результаты экзамена ОССО. Поскольку показатели чувства числа вносят значимый вклад в самооценку способностей, а результаты батареи «чувство числа» сопоставимы для учащихся различных школ, остается открытым вопрос о том, чем объясняются различия в самооценках способностей. Одним из возможных объяснений может служить то, что для учащихся официальные результаты тестов более важны, чем любые другие результаты, и, поскольку учащиеся не получают обратной связи по результатам батареи «чувство числа», они могут и не рефлексировать свои способности. Сравнения между школами с отбором при поступлении и без отбора при поступлении (в районах с высоким социально-экономическим статусом) указывают на различия только в результатах экзамена ОССО и самооценках способностей: учащиеся в школах с отбором при поступлении имеют более высокие показатели. Отсутствие значимых различий по другим показателям является дополнительным подтверждением результатов предыдущих анализов.

Следует отметить, что результаты задания «числовая линия» вносят значимый вклад в показатель «математическая беглость», но не в результаты экзамена ОССО. Это определяет вероятность того, что экзамен ОССО по математике не измеряет математические навыки, определяемые в парадигме способностей, ассоциируемых с чувством числа.

Заключение

Репрезентативность выборки исследования в социально-экономическом контексте определяется включением в исследо-

вание учащихся школ Лондона из районов с различным социально-экономическим статусом. Несмотря на то, что получение объективной информации о социально-экономическом статусе участников было затруднено в связи с нежеланием участников отвечать на вопросы о семейном доходе, показатель социально-экономического статуса школы позволил определить различия между участниками.

Результаты исследования дают основания для разработки актуальной проблематики развития и оценивания математических способностей в образовании. Прежде всего, показано, что тест ОССО по математике не оценивает способности учащихся к чувству числа. На основании этого можно сделать два вывода: либо тест ОССО по математике измеряет другой аспект числовых навыков, либо сам метод оценивания не дает возможность учащимся продемонстрировать свои способности. Существующие образовательные программы не позволяют реализовать потенциал учащихся и не способствуют развитию их навыков в этой области. Если математические способности связаны с развитым чувством числа, то учащиеся в районах с низким социально-экономическим статусом имеют основания для достижения более высоких академических результатов. Этот вывод носит предварительный характер, однако открывает перспективу ставить вопрос об актуальности исследования формата преподавания математики и оценивания результатов экзамена ОССО. Важное предположение связано с тем, что развитие осведомленности учащихся об уровне развития чувства числа может повысить самооценку способностей.

Анализ результатов показывает, что исследования содержания экзамена ОССО необходимы для уточнения того, что конкретно измеряет или не измеряет этот экзамен. Одним из перспективных направлений является исследование возрастной динамики развития чувства числа в контексте математических достижений в различных

возрастных группах. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что экзамен ОССО по математике измеряет числовые навыки другим способом в отличие от когнитивных заданий, разработанных для оценивания чувства числа. Более того, в то время как восприятие сверстников, учителей и родителей оказывается несвязанным с результатами экзамена ОССО, самооценки уровня математических способностей представляются значимыми.

Надо подчеркнуть, что в выборке данного исследования учащиеся из районов с низким социально-экономическим статусом продемонстрировали значительно более низкие результаты экзамена ОССО и характеризовались более низким уровнем самооценки способностей на фоне сопоставимого уровня развития чувства числа с учащимися из районов с высоким социально-экономическим статусом. Если чувство числа действительно является важным для развития математических навыков, то становится принципиально значимым понимание причин, по которым некоторые учащиеся не могут реализовать свой потенциал. В связи с этим становится необходимым исследование вероятности того, что практика преподавания и оценивания может ограничивать учащихся в развитии и демонстрации собственных способностей. Вопрос о том, обуславливает ли экзамен ОССО по математике неуспешность учащихся в районах с низким социально-экономическим статусом, остается открытым для обсуждения.

Результаты проведенного исследования подтверждают перспективность исследований в данном направлении и определяют основания для проведения кросс-культурных исследований.

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. Ali S.R., McWhirter E.H., & Chronister K.M. Self-efficacy and vocational outcome expectations for adolescents of lower socioeconomic status: A pilot study // *Journal of Career Assessment*. – 2005. – Vol. 13 (1). – P. 40–58.
2. Appleton J.J., Christenson S.L., Kim D., & Reschly A.L. Measuring cognitive and psychological engagement: Validation of the student engagement instrument // *Journal of School Psychology*. – 2006. – Vol. 44(5). – P. 427–445.
3. Boardman J.D., & Robert S.A. Neighbourhood socioeconomic status and perceptions of self-efficacy // *Sociological Perspectives*. – 2000. – P. 117–136.
4. Caldas S.J., & Bankston III C. Effect of school population socioeconomic status on individual academic achievement // *Journal of Educational Research*. – 1997. – P. 269–277.
5. Casey B.M., Dearing E., Vasilyeva M., Ganley C.M., & Tine M. Spatial and numerical predictors of measurement performance: The moderating effects of community income and gender // *Journal of Educational Psychology*. – 2011. – Vol. 103(2). – P. 296–311.
6. Castronovo J., & Göbel S.M. Impact of high mathematics education on the number sense // *PLoS ONE*. – 2012. – Vol. 7(4). – e33832.
7. Chamorro-Premuzic T., Harlaar N., Greven C.U., & Plomin R. Intelligence more than just IQ: A longitudinal examination of self-perceived abilities as predictors of academic performance in a large sample of UK twins // *Intelligence*. – 2010. – Vol. 38. – P. 385–392.
8. Chevalier A., Gibbons S., Thorpe A., Snell M., & Hoskins S. Students' academic self-perception // *Economics of Education Review*. – 2007. – Vol. 28(6). – P. 716–727.
9. Christenson S.L., Rounds T., & Gorney D. Family factors and student achievement: An avenue to increase students' success // *School Psychology Quarterly*. – 1992. – Vol. 7(3). – P. 178.
10. Cutrona C.E., Cole V., Colangelo N., Assouline S.G., & Russell D.W. Perceived parental social support and academic achievement: An attachment theory perspective // *Journal of Personality and Social Psychology*. – 1994. – Vol. 66(2). – P. 369.
11. Dehaene S. The number sense: How the mind creates mathematics. – Oxford Univ Pr., 2011.

12. Gersten R., & Chard D. Number sense // Journal of Special Education. – 1999. – Vol. 33(1). – P. 18.
13. Goodman E., Adler N., & Kawachi I. Adolescents' perceptions of social status: development and evaluation of a new indicator // Pediatrics. – 2001. – Vol. 108(2). – P. 1–8.
14. Greven C.U., Harlaar N., Kovas Y., Chamorro-Premuzic T., & Plomin R. More than just IQ: school achievement is predicted by self-perceived abilities – but for genetic rather than environmental reasons // Psychological Science. – 2009. – Vol. 20(6). – P. 753–762.
15. Gross J., Hudson C., & Price D. The long term costs of numeracy difficulties. – London (UK): Every Child a Chance Trust and KPMG, 2009.
16. Halberda J., & Feigenson L. Developmental change in the acuity of the «number sense»: The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults // Developmental Psychology. – 2008. – Vol. 44(5). – P. 1457.
17. Halberda J., Mazocco M.M.M., & Feigenson L. Individual differences in non-verbal number acuity correlate with maths achievement // Nature. – 2008. – Vol. 455(7213). – P. 665–668.
18. Izard V., Sann C., Spelke E.S., & Streri A. New-born infants perceive abstract numbers // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2009. – Vol. 106(25).
19. Luo Y., Kovas Y., Haworth C., & Plomin R. The etiology of mathematical self-evaluation and mathematics achievement: Understanding the relationship using a cross-lagged twin study from ages 9 to 12 // Learning and Individual Differences. – 2011. – Vol. 21. – P. 710–718.
20. Murphy M.M., & Mazocco M.M.M. Mathematics learning disabilities in girls with fragile X or Turner syndrome during late elementary school // Journal of Learning Disabilities. – 2008. – Vol. 41(1). – P. 29–46.
21. Nagy G., Watt H.M.G., Trautwein U., & Lu O. The development of students' mathematics self-concept in relation to gender: Different countries, different trajectories? // Development. – 2010. – Vol. 20(2). – P. 482–506.
22. OECD. PISA 2009 Technical Report. – PISA, OECD Publishing, 2012.
23. Ofqual. GCSE Subject Criteria for Mathematics. – Ofqual, 2011.
24. Operario D., Adler N.E., & Williams D.R. Subjective social status: reliability and predictive utility for global health // Psychology & Health. – 2004. – Vol. 19(2). – P. 237–246.
25. Opfer J.E., & Siegler R.S. Representational change and children's numerical estimation // Cognitive Psychology. – 2007. – Vol. 55(3). – P. 169–195.
26. Petrill S., Logan J., Hart S., Vincent P., Thompson L., Kovas Y., & Plomin R. Math fluency is etiologically distinct from untimed math performance, decoding fluency, and untimed reading performance // Journal of Learning Disabilities. – 2012. – Vol. 45(4). – P. 371–381.
27. Plomin R., DeFries J.C., McClearn G.E., & McGuffin P. Behavioral genetics. 5th ed. – New York: Worth Publishers, 2008. – P. 532.
28. Roberts G. SET for success: The supply of people with science, technology, engineering and mathematics skills. – HM Treasury London, 2002.
29. Schulz W. Mathematics Self-Efficacy and Student Expectations. Results from PISA 2003. – 2005.
30. Sirin S.R. Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research // Review of educational research. – 2005. – Vol. 75(3). – P. 417–453.
31. Smith A. Making mathematics count. Report of Professor Adrian Smith's Inquiry into Post-14 Mathematics Education. – The Stationery Office Limited, 2004.
32. Smith F.M., & Hausafus C.O. Relationship of family support and ethnic minority students' achievement in science and mathematics // Science Education. – 1998. – Vol. 82(1). – P. 111–125.
33. Spinath B., Spinath F.M., Harlaar N., & Plomin R. Predicting school achievement from general cognitive ability, self-perceived ability, and intrinsic value. // Intelligence. – 2006. – Vol. 34. – P. 363–374.
34. Tabachnick B.G., & Fidell L.S. Using multivariate statistics. – Boston: Pearson Education, Inc., 2007.
35. White K.R. The relation between socioeconomic status and academic achievement // Psychological Bulletin. – 1982. – Vol. 91(3). – P. 461–481.
36. Yang Y. Dimensions of socio-economic status and their relationship to mathematics and science achievement at individual and collective levels // Scandinavian Journal of Educational Research. – 2003. – Vol. 47(1). – P. 21–41.

Список сокращений:

ОССО – общее свидетельство о среднем образовании (см. также GCSE),

СоЭС – социально-экономический статус,

GCSE – General Certificate of Secondary Education,

MCAR – Missing Completely At Random,

PISA – Programme for International Student Assessment,

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences,

STEM – Science, Technology, Engineering and Maths.

AN INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ACADEMIC ACHIEVEMENT, SOCIO-ECONOMIC STATUS, COGNITIVE ABILITIES, AND SELF-PERCEIVED MATHEMATICAL ABILITIES IN HIGH SCHOOL STUDENTS

A. DIRIK¹, O.E. BOGDANOVA², Y.V. KOVAS^{1,2}

¹ *Goldsmiths, University of London, London, UK;*

² *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

We investigated mathematical skills in students from schools with different levels of socio-economic status. The purpose of the study was to identify the cognitive and subjective measures, which may be related to results in General Certificate of Secondary Education Mathematics Exam and mathematical self-assessment. The results of the multiple regression analyses and of group comparisons partially supported the hypotheses of the study and formed the basis for the formulation of new research questions.

Keywords: academic achievement, math skills, number sense, mathematical fluency, self-assessment of abilities, socio-economic status, general certificate of secondary education, multiple regression analysis.