

КОГНИТИВНЫЕ ИЗДЕРЖКИ БИЛИНГВАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

© Л.Л.Салехова

При реализации двуязычных образовательных программ неявно предполагается, что знания представляются в виде системы, не зависящей от конкретного языка обучения. В данной статье исследуются возможность возникновения когнитивных издержек и их типы при билингвальном обучении математике. В педагогическом эксперименте участвовало 39 учащихся двуязычных (татарско-русских) школ Республики Татарстан. Результаты показывают, что, если язык контроля знаний отличается от языка обучения, учащиеся могут иметь когнитивные издержки, которые проявляются в снижении точности и скорости обработки информации.

Ключевые слова: билингвальное обучение, когнитивные издержки, язык обучения, язык извлечения знаний, переключение языков.

Введение

Нет сомнений, что билингвизм имеет большие преимущества, способность человека общаться на другом языке является одной из ключевых компетенций, которая становится все более актуальной на фоне растущей мировой глобализации. Учеными доказано и жизненная практика показывает, что билингвальное обучение развивает основные когнитивные функции мозга, а именно способность человека понимать, познавать, изучать, осознавать, воспринимать и перерабатывать внешнюю информацию, улучшает способность контроля исполнительских функций, которые задействованы при появлении новых, ранее не встречавшихся стимулов, тем самым обеспечивая когнитивную гибкость мозга [1-3].

Однако билингвальное обучение может иметь и отрицательные последствия, поскольку нельзя ожидать, что информация, полученная учащимся на одном языке, может быть переработана им на другом языке так же хорошо, как на родном [4].

Целью статьи является исследование когнитивных издержек, возникающих при билингвальном обучении, в тех ситуациях, когда языки обучения и переработки информации у обучающихся различаются.

По нашему мнению, эта проблема носит фундаментальный характер как в общероссийском, так и в международном масштабе. Например, в российских школах с нерусским (якутским, татарским, осетинским, адыгейским и т.д.) языком обучения предметное обучение в старших классах ведется на билингвальной основе средствами русского и национального языков, поскольку Единый государственный экзамен проводится в РФ на русском языке. Если говорить о высшей школе, то сейчас во многих развитых странах (Нидерландах, Финляндии, Дании

и т.д.), в том числе и в России, актуальным является вопрос привлечения в университеты и обучения иностранных студентов. В основном образовательные программы для иностранных студентов преподаются на языке международного общения – английском. Ясно, что для многих студентов-иностранцев он не является родным, поэтому они, по определению, находятся в ситуации билингвального обучения.

Анализ исследований зарубежных ученых по выявлению и изучению когнитивных издержек, проявляющихся в процессе билингвального обучения, например, математике, показал, что они обнаруживаются в тех случаях, когда при реализации двуязычных образовательных программ неявно предполагается, что знания представляются в виде системы, не зависящей от конкретного языка обучения учащегося.

Научные исследования, проведенные учеными D.Gentner, S.Goldin-Meadow [5], J.J.Gumperz, S.C.Levinson [6], B.C.Malt, P.Wolff [7], свидетельствуют о том, что представление знаний тесно связано с языком обучения и родным языком обучающегося.

Например, было установлено, что родной язык в области математики влияет на количественные представления и на правильность вычислений. Так P.Gordon [8] изучал индейцев племени Пираха (Pirahã) – небольшой народности около 420 человек, проживающей в Бразилии, язык которых характеризуется очень ограниченным словарным запасом в отношении общих понятий, отсутствием местоимений и числительных. Аборигены используют для числительных только слова *один*, *два* и *много*. P.Gordon обнаружил, что индейцам не удается справиться с такой простой задачей, как копирование линий, начерченных на листе бумаги, когда их больше двух или трех.

Межкультурные исследования показали, что различия в языковых структурах, например, для

языкового выражения систем счисления, отражаются в трудноуловимых кросс-лингвистических различиях в математическом познании и в развитых сообществах. Так, K.F.Miller, C.M.Smith, J.Zhu, H.Zhang [9] и K.F.Miller, J.W.Stigler [10] обнаружили, что на начальном этапе обучения счету и арифметическим операциям китайские дети, разговаривающие на языке мандарин, обладают преимуществом по сравнению с англоговорящими сверстниками.

Таким образом, представление знаний зависит от конкретного языка обучения, следовательно, могут возникнуть негативные последствия при их переносе из одной репрезентативной системы человека, то есть из системы, посредством которой человек воспринимает и использует информацию, поступающую из внешнего мира, в другую. Следовательно, негативные последствия могут проявляться в тех случаях, когда языки обучения и извлечения знаний отличаются. Наличие данного эффекта было подтверждено в масштабных исследованиях, проведенных E.S.Spelke, S.Tsivkin [11]. Они наблюдали за взрослыми сбалансированными русско-английскими билингвами в процессе решения ими различных математических задач на двух языках (русском и английском). Все задачи были сформулированы в виде текстовых, с использованием количественных числительных. Например: «Найти сумму пятидесяти четырех и сорока восьми?» («What is the sum of fifty-four and forty-eight?») Основной целью ученых было выявление наличия или отсутствия когнитивных издержек в случае, когда язык обучения отличается от языка проверки знаний. Взрослые билингвы решали четыре типа математических задач. В двух типах требовалось обрабатывать точные факты, например, прибавлять число 54 к различным двузначным числам или производить операцию сложения в системе исчисления с основанием 6. Такого типа задачи назывались «точные задачи». В двух других типах задач требовалось обработать большое количество иррациональных и трансцендентных чисел. Например, вычисление корней третьей степени из числа или логарифма от числа, то есть решались «задачи аппроксимации».

Тест, проведенный после тренировочного обучения, проводился на двух языках – английском и русском. Он показал, что участникам эксперимента понадобилось больше времени на решение «точных задач» в ситуации, когда язык обучения отличался от языка тестирования, чем в ситуации, когда оба языка были одинаковые, независимо от того, были это знакомые задачи или нет. При решении участниками эксперимента

«задач аппроксимации» когнитивных издержек обнаружено не было. В дополнительно проведенных экспериментах негативные эффекты от переключения языков, обнаруженные при решении «точных задач» по математике, были выявлены вновь. E.S.Spelke, S.Tsivkin [11] выяснили, что эффекты от переключения языков также сохраняются при решении «точных задач» на обработку числовой информации из нематематических контекстов, например, при запоминании исторических дат, решении химических уравнений или физических и биологических задач.

Результаты исследований E.S.Spelke и S.Tsivkin о негативных последствиях от переключения кодов (языков) при решении «точных задач» коррелируют с известной моделью тройного кода S.Dehaene, L.Cohen [12], которые выдвигают гипотезу о существовании трех различных видов представлений чисел в человеческом мозгу:

1. представление о величине, независимое от языка;
2. аудио-вербальный код;
3. визуальное представление, записанное арабскими цифрами.

Они пришли к выводу, что решение «приближенных задач» преимущественно связано с представлением о величине, не зависимым от языка. Решение «точных задач» связано, в основном, с аудио-вербальным кодом.

V.Marian, C.M.Fausey [13] также пришли к заключению о возникновении негативных последствий от переключения языковых кодов при билингвальном обучении. Они наблюдали за взрослыми испано-английскими билингвами, которые изучали некоторые разделы химии, биологии и истории на одном из двух языков. После завершения обучения участники должны были ответить на вопросы по изученному материалу. V.Marian, C.M.Fausey обнаружили, что участники эксперимента давали ответы на вопросы быстрее в том случае, когда язык тестирования совпадал с языком обучения.

Таким образом, если язык тестирования отличается от языка обучения студентов или взрослых, могут иметь место когнитивные издержки, **состоящие в снижении точности и скорости обработки информации**. Но можно ли делать из проведенного анализа литературы глобальные выводы, которые имеют практическое значение для реализации и оценки двуязычных программ обучения? Существует несколько причин, чтобы поставить под сомнение обобщения из предыдущих выводов:

– во-первых, участники данных исследований были специально отобранные студенты универ-

ситетов или взрослые люди, а не учащиеся средних школ, обучающиеся по двуязычным программам;

– во-вторых, эффекты от переключения языков в основном наблюдались у «сбалансированных билингвов», то есть билингвов, которые в равной степени хорошо владели обоими языками;

– в-третьих, экспериментальные периоды обучения, представленные в предыдущих исследованиях, были краткосрочными и тестирование проходило сразу же после обучения. В реальной школе учебные темы изучаются, по крайней мере, несколько дней.

Эти ограничения предыдущих исследований оправдывают необходимость их проверки и расширения исследований на контексты, которые ближе к реальной образовательной практике. Нами были сформулированы теоретические гипотезы, правильность которых необходимо было проверить эмпирически.

Гипотезы исследования

Необходимо было выяснить, имеют ли учащиеся старших классов, обучающиеся в школах Республики Татарстан на двуязычной татарско-русской основе, те же когнитивные издержки от переключения языков при решении математических задач, которые наблюдались у взрослых билингвов в обсужденных выше исследованиях? Двуязычный метод обучения математике в школах с татарским языком обучения Республики Татарстан выбирается учителями старших классов в связи с тем, что ЕГЭ по математике является обязательным для всех учащихся Российской Федерации и он проводится на русском языке.

Целенаправленное и систематическое посещение билингвальных уроков по математике, интервью с учителями, реализующими билингвальные образовательные программы, и с учащимися, обучающимися на двуязычной основе, результаты анализа предыдущих теоретико-эмпирических исследований позволили выдвинуть следующие гипотезы, подлежащие проверке.

Гипотеза 1а состояла в том, когнитивные издержки от переключения языков в процессе решения математических задач, по которым прошло тренировочное обучение, будут проявляться в обеих группах участников эксперимента: и у тех кто, прошел обучение на татарском языке, и у тех, кто на русском языке. Гипотеза 1б состояла в том, что при решении новых, неподготовленных математических задач, отрицательных эффектов от переключения языков наблюдаться не будет ни в одной из групп.

Исследовался также вопрос, зависит ли проявление когнитивных издержек при переключении языков с русского на татарский и наоборот

от типа решаемых математических задач (то есть будут ли наблюдаться различия при решении задач на умножение и на вычитание)? Было выдвинуто предположение, что степень их проявления должна быть сильнее при решении задач на умножение, чем при решении задач на вычитание (гипотеза 2).

Наконец, мы предположили, что когнитивные издержки проявляются сильнее, когда обучающиеся переключаются с доминантного (татарского) языка на второй (русский) язык (гипотеза 3).

Методы исследования

В педагогическом эксперименте участвовало 39 учащихся (из них 19 девочек) из двух классов (9-ого и 11-ого) двуязычных школ Республики Татарстан. Родным языком учащихся был татарский язык, и до поступления в школу они не говорили на русском языке. Возраст учащихся колебался от 15 до 17 лет. Школа, в которой проходил эксперимент, реализовывала в старших классах билингвальное обучение математике средствами татарского и русского языков.

На момент проведения педагогического эксперимента его участники хорошо говорили на русском языке, так как изучали русский язык как школьный предмет с 1 класса, кроме того, подспудно они находились в двуязычной татарско-русской среде благодаря телевидению, радио, интернету и т.д. Однако использование русского языка ограничивалось школьным контекстом.

Участники педагогического эксперимента прошли три тренировочных обучения в течение четырех дней. Первое обучение прошло в школе под наблюдением экспериментаторов сразу после уроков. Последнее было проведено в школе также под наблюдением экспериментаторов. Что касается второго обучения, то учащиеся могли самостоятельно выбрать день (третий или четвертый) и место (дома или в школе). На школьных компьютерах учащиеся могли тренироваться в свободное время. Данные о результатах тренинга были отправлены экспериментаторам по электронной почте. Компьютерная программа для тренинга была написана в программе Maple.

Язык обучения был сбалансирован между участниками эксперимента, учащиеся 9-х и 11-х классов были одинаковым образом распределены по языкам обучения (татарскому или русскому). Каждый тренинг начинался с чтения числительных, далее учащимся предлагались 5 тренировочных модулей. Каждый тренинг продолжался примерно 20 минут. Тренинг состоял из решения 14 задач на вычитание и 14 задач на умножение, половина задач была сформулирована на татарском языке, половина – на русском языке.

В итоговый тест, кроме задач, по которым прошло тренировочное обучение, дополнительно было включено 14 новых задач на вычитание и 14 задач на умножение. Они были добавлены для того, чтобы изучить, как участники эксперимента справляются с решением новых задач.

В процессе анализа результатов тестирования по двум критериям «время получения правильных ответов» и «точность вычислений» использовался многофакторный регрессионный анализ. В качестве независимых переменных были взяты следующие: «обучение» («старые» и «новые» задачи), «переключение языков» (оно присутствовало или нет), «операции» (умножение или вычитание). В качестве зависимой переменной выступал «язык обучения» (татарский или русский).

Результаты и их обсуждение

Как и предполагалось (гипотеза 1a), негативные эффекты от переключения языков проявились в виде задержки по времени и ухудшения точности решения задач на умножение и вычитание, по которым учащиеся проходили тренинги до начала контрольного испытания. В случае решения неподготовленных, «новых» задач, был обнаружен единственный негативный эффект от переключения языков – это увеличение среднего времени на выполнение задания (гипотеза 1b).

Было установлено, что вид операции (умножение или вычитание) влияет на латентность (время между началом действия раздражителя и возникновением ответной реакции) и точность результатов при решении задачи, но, как ожидалось, это не связано с переключением языков (гипотеза 2).

Кроме того, в соответствии с нашей гипотезой 3, эффект от переключения языков проявился больше для доминантного языка (татарского), чем для второго (русского) языка.

Исследование расширило понимание когнитивных издержек билингвального обучения следующим образом. Во-первых, издержки от переключения языков проявляются не только у взрослых, но и у обычных учащихся средних школ, которые обучаются на двуязычной основе. Во-вторых, было имитировано реальное изучение некоторой темы в школе, которое длилось несколько дней, и после проводилось контрольное испытание вместо обучения и тестирования в течение одного дня, как это было в предыдущих исследованиях.

Наконец, издержки от переключения языков проявляются не только у «сбалансированных» билингвов, но и у «несбалансированных», которые хуже владеют неродным языком и используют его только в ограниченных учебных кон-

текстах. Этот эффект, однако, зависит от направления переключения языка обучения (гипотеза 3). Переключение от доминантного языка обучения ко второму языку приводит к большему увеличению времени выполнения заданий по сравнению со случаями, когда переключение происходит в противоположном направлении. Соответственно, несбалансированные билингвы не полагались лишь на второй язык при кодировании информации во время обучения, а использовали также свой родной язык. Таким образом, переход на доминантный язык влечет меньшие когнитивные издержки. Сбалансированные билингвы, наоборот, полагаются при кодировании информации исключительно на актуальный язык обучения.

В целом результаты показывают, что извлечение и представление знаний в процессе изучения того или иного предмета в школе связано с языком обучения. Если язык контроля знаний и тестирования отличается от языка обучения, учащиеся и студенты могут иметь когнитивные издержки, которые проявляются в снижении точности и скорости обработки информации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РГНФ №14-06-00325

1. Салехова Л.Л., Зарипова Р.Р. К вопросу о взаимосвязи билингвального обучения и интеллектуального развития личности (по материалам зарубежной педагогической литературы) // Филология и культура. *Philology and Culture*. – 2012. – № 1 (27). – С. 246 – 250.
2. Салехова Л.Л., Каримова А.А. Развитие мышления на втором языке в процессе составления учащимися текстовых задач по математике // Филология и культура. *Philology and Culture*. – 2011. – № 2 (24). – С. 275 – 280.
3. Туктамышов Н.К., Салехова Л.Л., Зарипова Р.Р. Определение уровня сформированности коммуникативных качеств математической речи у студентов, обучающихся на двуязычной основе // Филология и культура. *Philology and Culture*. – 2013. – № 4 (34). – С. 307 – 314.
4. Петрова А.И., Старостина Л.Д. Показатели мыслительной деятельности: сравнительное исследование в условиях билингвизма // Петрова Антонина Ивановна: биобиблиографический указатель / Мин-во образования и науки, Сев.-Вост. федер. ун-т им. М.К.Аммосова. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2014. – С. 147 – 154.
5. Gentner D., Goldin-Meadow S. *Langua gein mind: Advance sin the study of language and thought*. – Cambridge, MA: MIT Press, 2003. – Pp. 195 – 235.
6. Gumperz J.J., Levinson S.C. *Rethinking linguistic relativity*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1996. – Pp. 21 – 36.

7. *Malt B.C., Wolff P.* Words in the mind: How words capture human experience. – New York: Oxford University Press, 2010. – 362 p.
8. *Gordon P.* Numerical cognition without words: evidence from Amazonia. – *Science*. – 2004. – № 306. – Pp. 496 – 498. DOI: 10.1126/science.1094492 (дата обращения: 06.02.2015).
9. *Miller K.F., Smith C.M., Zhu J., Zhang H.* Preschool origins of cross-national differences in mathematical competence: the role of number naming system. – *Psychological Science*. – 1995. – № 6. – Pp. 831 – 843.
10. *Miller K.F., Stigler J.W.* Counting in Chinese: cultural variation in a basic cognitive skill. – *Cognitive Development*, 1987. – 236 p.
11. *Spelke E.S., Tsivkin S.* Language and number: a bilingual training study. – *Cognition*. – 2001. – № 78 (1). – Pp. 45 – 88.
12. *Dehaene S., Cohen L.* Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. – *Cortex*. – № 33(2), 1997. – № 33 (2). – Pp. 219 – 250.
13. *Marian V., Fausey C.M.* Language dependent memory in bilingual learning. – *Cognitive Psychology Applied*, 2006. – 268 p.

COGNITIVE COSTS OF BILINGUAL EDUCATION

L.L.Salekhova

Bilingual education programs implicitly assume that the acquired knowledge is represented in a language-independent way. The present study aims to examine whether and to which extent cognitive costs show during bilingual mathematics learning. The pedagogical experiment involved 39 students from bilingual (Tatar-Russian) schools of the Republic of Tatarstan. The results demonstrate that if the language of knowledge tests is different from the language of instruction, students may have cognitive problems which result in lower accuracy and information processing speed.

Key words: bilingual learning, cognitive costs, language of instruction, language of retrieving knowledge, code switching.

1. *Salexova L.L., Zaripova R.R.* K voprosu o vzaimosvyazi bilingval'nogo obucheniya i intellektual'nogo razvitiya lichnosti (po materialam zarubezhnoj pedagogicheskoy literatury) // *Filologiya i kul'tura. Philology and Culture*. – 2012. – № 1 (27). – S. 246 – 250. (in Russian)
2. *Salexova L.L., Karimova A.A.* Razvitie myshleniya na vtorom yazyke v processe sostavleniya uchashhimisya tekstovykh zadach po matematike // *Filologiya i kul'tura. Philology and Culture*. – 2011. – № 2 (24). – S. 275 – 280. (in Russian)
3. *Tuktamyshov N.K., Salexova L.L., Zaripova R.R.* Opredelenie urovnya sformirovannosti kommunikativnykh kachestv matematicheskoy rechi u studentov, obuchayushhixsya na dvuyazychnoj osnove // *Filologiya i kul'tura. Philology and Culture*. – 2013. – № 4 (34). – S. 307 – 314. (in Russian)
4. *Petrova A.I., Starostina L.D.* Pokazateli myslitel'noj deyatel'nosti: sravnitel'noe issledovanie v usloviyax bilingvizma // *Petrova Antonina Ivanovna: biobibliograficheskij ukazatel' / Min-vo obrazovaniya i nauki, Sev.-Vost. feder. un-t im. M.K.Ammosova*. – Yakutsk: Izdatel'skij dom SVFU, 2014. – S. 147 – 154. (in Russian)
5. *Gentner D., Goldin-Meadow S.* *Langua gein mind: Advance sin the study of language and thought*. – Cambridge, MA: MIT Press, 2003. – Pp. 195 – 235. (in English)
6. *Gumperz J.J., Levinson S.C.* *Rethinking linguistic relativity*. – Cambridge: Cambridge University Press, 1996. – Pp. 21 – 36. (in English)
7. *Malt B.C., Wolff P.* Words in the mind: How words capture human experience. – New York: Oxford University Press, 2010. – 362 p. (in English)
8. *Gordon P.* Numerical cognition without words: evidence from Amazonia. – *Science*. – 2004. – № 306. – Pp. 496 – 498. DOI: 10.1126/science.1094492 (data obrashheniya: 06.02.2015). (in English)
9. *Miller K.F., Smith C.M., Zhu J., Zhang H.* Preschool origins of cross-national differences in mathematical competence: the role of number naming system. – *Psychological Science*. – 1995. – № 6. – Pp. 831 – 843. (in English)
10. *Miller K.F., Stigler J.W.* Counting in Chinese: cultural variation in a basic cognitive skill. – *Cognitive Development*, 1987. – 236 p. (in English)
11. *Spelke E.S., Tsivkin S.* Language and number: a bilingual training study. – *Cognition*. – 2001. – № 78 (1). – Pp. 45 – 88. (in English)
12. *Dehaene S., Cohen L.* Cerebral pathways for calculation: double dissociation between rote verbal and quantitative knowledge of arithmetic. – *Cortex*. – № 33(2), 1997. – № 33 (2). – Pp. 219 – 250. (in English)
13. *Marian V., Fausey C.M.* Language dependent memory in bilingual learning. – *Cognitive Psychology Applied*, 2006. – 268 p. (in English)

* * * * *

Салехова Ляйля Леонардовна – доктор педагогических наук, заведующий кафедрой математической лингвистики и информационных систем в филологии Института филологии и межкультурной коммуникации Казанского федерального университета.

420008, Россия, Казань, ул.Кремлевская, 18.

E-mail: salekhova2009@gmail.com

Salekhova Leila Leonardovna – Doctor of Pedagogy, Head of the Department of Mathematical Linguistics and Information Systems in Philology, Institute of Philology and Intercultural Communication, Kazan Federal University.

18 Kremlyovskaya Str., Kazan, 420008, Russia

E-mail: salekhova2009@gmail.com

Поступила в редакцию 10.03.2015