ЭФФЕКТ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ВЫВЕДЕНИЯ ПРИНЦИПА ИЗ КОМПЛЕКСНОЙ УЧЕБНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПЕРЕНОСА

Ю.А. ТЮМЕНЕВА, И.В. ШКЛЯЕВА
Высшая школа экономики, Институт образования, Москва

Одним из хорошо обоснованных в литературе приемов обучения является сравнение двух аналогичных учебных задач, проясняющее их структуру и облегчающее дальнейший перенос способа решения в новый контекст. К сожалению, подбор правильных задач для сравнительного изучения часто становится отдельной методической проблемой. Альтернативой могла бы стать инструкция на самостоятельное выведение принципа из единственной учебной задачи, но эффект такой инструкции мало изучен. Наша цель была оценить эффект активного изучения по сравнению с пассивным способом (только чтение) и с действиями по инструкции: сравнить две учебные аналогичные задачи. Основываясь на теоретических и эмпирических работах, мы ожидали, что самостоятельное активное выведение общего принципа решения улучшит его перенос. На выборке студентов вузов (n = 201) было обнаружено, что самостоятельное выведение принципа в действительности снизило частоту переноса относительно условия «сравнение», так и, что стало основным результатом, относительно «пассивного» условия. Качественный анализ протоколов показал, что главной причиной провала переноса была многоаспектность учебной задачи. В момент вербальной формулировки принципа в отношении какого-то одного аспекта учебной задачи могла произойти фиксация именно этого аспекта в памяти. Такая доминирующая интерпретация затрудняла доступ к другим аспектам задачи, и перенос зависел от того, доминировал ли релевантный для конкретной новой задачи аспект или нет. Отсюда происходит и значимо бóльшая частота переноса в пассивном условии: в отсутствие доминирующей интерпретации, доступ ко всем аспектам учебной задачи оставался открытым в момент решения новой задачи. Результаты согласуются как с некоторыми эмпирическими данными об амбивалентности роли активного прорабатывания учебной задачи по сравнению с пассивным ее изучением, так и с культурно-исторической теорией, где подчеркивается направляющая роль взрослого в обучении.

Ключевые слова: перенос по аналогии, комплексность задачи, самостоятельное изучение.

Изучение нового, овладение новыми умениями всегда происходит на определенном учебном материале. Однако имплицитная цель любого обучения – добиться того, чтобы человек мог применять изученное после завершения обучения, т.е. в самых разных ситуациях и на материале, существенно отличающемся от учебного. Может ли выпускник школы измерить площадь новой квартиры? Может ли выпускник военного училища справиться с неполадками реального радара? Может ли участник тренинга по продажам применить изученные стратегии, ведя переговоры с реальным клиентом?

Применение, или перенос, изученного остается предметом неутихающих дискуссий уже более века. Это связано с неизменными трудностями, испытываемыми людьми при попытках применить способ решения, изученный в одних условиях и на одном учебном материале, в новой ситуации. Масштаб и устойчивость трудностей переноса хорошо отражены в литературе (см., например, Barnett, Ceci, 2002).

В связи с регулярными фиксациями неудач спонтанного переноса резонно поднимается вопрос о том, есть ли какие-либо дидактические приемы, которые улучшают

перенос? Очевидно, что эти приемы должны основываться на тех когнитивных элементах, которые делают перенос возможным. Одним из таких элементов является понимание принципа решения задачи. Мы имеем в виду такой принцип решения, который связан с внутренней структурой задачи и может быть использован для ряда структурно аналогичных задач, при том что внешне эти задачи могут различаться.

Говоря о внутренней структуре задачи, мы имеем в виду ее ключевые элементы и характеристики их связи. Это понимание основано на теориях структурного сходства (Goldstone, 1994; Gentner, Markman,1993), в которых подчеркивается, что элементы любой ситуации находятся в функциональной связи друг с другом. В исследованиях по мышлению по аналогии структурные элементы задачи рассматриваются как независимые от внешних свойств объектов, вовлеченных в задачную ситуацию. Например, сердце и насос скорее будут оценены как сходные, если принять во внимание не их внешние свойства, а их функциональную связь с другими элементами системы: качает сердце кровь и качает: водяной насос воду. Именно соотнесение элементов, их роли в системе, так называемое реляционное сходство (Falkenhainer et al., 1989) дает возможность проводить аналогии. Иными словами, аналогия вовлекает два разных типа взаимоотношений между аспектами ситуации: отношения элементов внутри и отношения элементов между ситуациями (в терминах М. Хессе (Hesse, 1966), вертикальные и горизонтальные соответственно). Таким образом то, как будет абстрагирована и понята связь элементов в отдельной ситуации, повлияет на итоговое сопоставление двух ситуаций и суждение об их сходстве.

Структура определяет и принцип решения задачи. Если есть структурное сходство между задачами, то можно ожидать, что и принцип решения будет сходен, хотя задачи могут отличаться по внешним свойствам объектов (Gentner, Smith, 2012). Этот идея активно используется в формальном обучении, когда учат решать задачи по их «типам», например, задачи на арифметическую прогрессию или на совместную работу. «Тип» как раз и определяется структурой (например, математической) и основанным на ней принципом решения. Например, все задачи, где требуется определить результат монотонного изменения некоторой величины при известном начальном значении и величине изменения, могут быть решены по формуле арифметической прогрессии; при этом неважно, идет ли речь о возрастании заработной платы или высоты самолета.

Поскольку понимание структуры задачи и принципа ее решения важно для последующего переноса, множество исследований было сфокусировано на поиске способов достижения этого понимания (Day, Goldstone, 2012; Gentner, 1983). Для нас представляет особый интерес классическое исследование М. Гик и К. Холиоака (Gick, Holyoak, 1983), где было показано преимущество инструкции на сравнение двух задач по сравнению с некоторыми другими приемами. Это исследование является классическим не только в фундаментальном смысле, но и в том, что оно открыло дорогу для огромного числа прикладных работ, использующих сравнение для улучшения переноса в самых разных областях деятельности: медицине, компьютерных науках (Biela, 1991; Thagard, 1997).

Несмотря на то, что сравнение учебных задач улучшает перенос, некоторые стороны этого эффекта остаются до сих пор неясными. В частности, непонятно, какую роль играют степень и уровень сходства сравниваемых задач. М. Гик и К. Холиоак (1983) полагают, что сравнение внешне

непохожих, но имеющих общий принцип устройства задач, помогает заметить именно общий принцип или структуру. С другой стороны, в исследовании Д. Гентнер с коллегами (Gentner et al., 2016) было показано, что, наоборот, сравнение внешне схожих, но с отличающимся принципом решения задач, помогало найти принцип решения и улучшить его перенос. Это было объяснено тем, что если задачи различаются только по принципу их устройства и схожи во всем остальном, то именно различие в принципе становится предметом внимания и предметом переноса при решении новой аналогичной задачи.

Иными словами, подбор «правильных» образцов для сравнения становится отдельной проблемой при планировании обучения или тренинга. Наша идея заключалась в том, чтобы проверить потенциал работы с единственным учебным образцом или учебной задачей. Насколько человек может при соответствующей инструкции вывести принцип решения, работая с единственной задачей? С практической точки зрения, будь эффективность этого приема по крайней мере не ниже, чем у приема «сравнение», то это избавило бы от необходимости подбирать пары образцов или задач и от риска «плохого» подбора.

Формально говоря, прием обучения на единственном экземпляре уже изучался в том же исследовании М. Гик и К. Холиоака. Они показали, что открытое предъявление принципа решения не улучшало перенос. Важно, однако, что в этом эксперименте не было использовано инструкции на самостоятельное выведение принципа решения. Вместо этого решающий получал единственную задачу и ее решение, после которого излагался заранее сформулированный принцип, использованный в этом решении. Очевидно, что такое пассивное предъявление принципа не могло вести к интериоризации и дальнейшему переносу. В поддержку нашей идеи о важности самостоятельного выведения принципа для его усвоения свидетельствуют не только работы классиков психологии (Выготский, 1991; Гальперин, 1998), но и некоторые современные идеи и находки конструктивистского подхода к обучению (альтернативные названия: проектное обучение; обучение, основанное на разрешении проблем) (National Research Council, 1996, 2001, 2007). В рамках этого подхода учитель занимает, в частности, позицию фасилитатора и вовлекает детей в исследовательский процесс, чтобы сформировать у них понимание каких-то важных идей (Crawford, 2000). Во многих исследованиях было обнаружено, что такой подход формирует мотивированное и глубокое понимание изучаемого материала (Blumenfeld et al., 1991; Pintrich, 2003; Pintrich, Marx, Boyle, 1993). Хотя мы не нашли работ, посвященных эффекту конструктивистских методов обучения для переноса, можно предположить, что достижение глубокого понимания принципов изучаемого материала должно этому способствовать.

В этой связи интересен эксперимент, проведенный В. Ан с коллегами (Ahn, Brewer, Mooney, 1992). Авторы показали, что действительно если пассивно изучается единственная ситуация, понимание ее ключевых элементов затрудненно. Однако при стимулировании активного изучения ситуации (например, нужно было подумать о цели описываемых действий) ее структура лучше осознается участниками. Однако в данном исследовании не проверялось, насколько эта осознанная структура может затем применяться к аналогичным ситуациям. Более того, инструкция – сосредоточиться на цели действий – могла играть роль важного фильтра, ограничивающего нерелевантные интерпретации, как это делает сравнение с другой аналогичной задачей.

Целью нашей работы было изучить возможности активного самостоятельного исследования единственной задачи и выведения принципа ее решения. Каков эффект

самостоятельного выведения принципа решения из единственной учебной задачи по сравнению с (1) пассивным ознакомлением с ее решением, т.е. без инструкции вывести принцип решения самостоятельно; (2) инструкцией сравнить две аналогичные задачи и их решения. Выбор именно этих двух альтернативных условий основывался на следующем. Первое условие – пассивное изучение способа решения задачи – моделировало минимально оснащенную учебную ситуацию, которая служила отправной точкой для оценки эффекта других экспериментальных манипуляций. Второе условие – сравнение двух аналогичных задач – уже показывало свою эффективность в прежних работах, поэтому было интересно сопоставить с этим условием наше – самостоятельное выведение принципа.

В своем эксперименте мы в деталях воспроизвели оба вышеописанных условия, основываясь на работе М. Гик и К. Холиоака (Gick, Holyoak, 1983). Третье экспериментальное условие включало новую, ключевую для нас, манипуляцию: имея одну учебную задачу, нужно было подумать и вывести принцип ее решения, а затем решить аналогичную новую задачу. Все три условия выступали межсубъектными факторами. Зависимой переменной был факт переноса способа решения одной учебной задачи на решение новой задачи. Мы ожидали, что самостоятельное выведение принципа решения увеличит шансы переноса более, чем пассивное изучение единственной задачи, и эти шансы будут сопоставимы с эффектом сравнения двух учебных задач.

ИСПЫТУЕМЫЕ И МЕТОДИКА

В эксперименте участвовали 201 студент I–III курсов разных специальностей (социология, управление, педагогика, бизнес-информатика); из них 65% составляли девушки.

Инструмент. Как и в оригинальной работе М. Гик и К. Холиоака, в качестве учебной задачи во всех трех экспериментальных условиях использовалась проблемная история «Генерал» и ее решение:

«Небольшой страной из крепости управлял диктатор. Крепость располагалась в центре страны и была окружена фермами и деревнями. Через сельскую местность к крепости вело множество дорог. Мятежный генерал решил захватить крепость. Он знал, что сил всей его армии хватит для штурма. В начале одной из множества дорог, ведущих к крепости, генерал поставил всю свою армию. Солдаты уже были готовы перейти в полномасштабное прямое наступление, когда генерал узнал, что диктатор заминировал все дороги. Мины были установлены так, что только маленькие группы людей могли пройти по дороге безопасно. Это было сделано потому, что диктатору самому было важно, чтобы его собственные войска и рабочие могли передвигаться в направлениях от крепости и к крепости. Если бы вся армия генерала пошла по одной дороге, то мины бы взорвались. Взрыв мог уничтожить не только дорогу, но и соседние деревни. При таком раскладе казалось, что захватить крепость невозможно. Но генерал разработал простой план. Он разделил свою армию на маленькие группы и поставил их в начале каждой дороги. Когда все было готово, он дал сигнал, и каждая группа пошла вперед по направлению к крепости. Группы продолжали идти, и в итоге, вся армия собралась у крепости в одно и то же время для штурма. Таким образом, генерал захватил крепость и сверг диктатора».

В качестве второй учебной задачи для условия «Сравнение» использовалась проблемная история «Командующий» и ее решение:

«В результате переворота в стране было свергнуто законно избранное гражданское правительство и к власти пришли военные. Они ввели в стране военное положение и отменили все гражданские свободы. Командующий одного танкового корпуса и его

войска остались верными свергнутому гражданскому правительству. Они скрылись в лесах в ожидании момента для контратаки. Командующий понимал, что он добьется успеха в том случае, если захватит штаб военной администрации. Штаб располагался на хорошо охраняемом острове в самом центре озера. До острова можно было добраться единственным способом – через несколько понтонных мостов, соединяющих остров с берегом. Однако каждый мост был настолько узок и неустойчив, что только несколько танков могли проехать по нему одновременно. Такая маленькая сила была бы легко разбита отрядами военной администрации. Поэтому казалось, что военный штаб невозможно захватить.

Однако командующий танкового корпуса попробовал применить неожиданную тактику. Он тайно расположил танки около каждого моста, ведущего к острову. Когда стемнело, был дан сигнал, и танки под прикрытием темноты двинулись по всем мостам одновременно. Все группы танков прибыли на остров вместе и немедленно объединились у военного штаба. Им удалось захватить военный штаб и в итоге восстановить власть законного гражданского правительства».

В качестве трансферной задачи использовалась задача «Опухоль».

«Представьте, что вы – врач, и к вам попал пациент, имеющий злокачественную опухоль в желудке. С одной стороны, оперировать пациента невозможно, а с другой, если опухоль не будет разрушена, пациент умрет. В медицине известен вид лучей, который может быть использован для уничтожения опухоли. Для этого лучи должны достигнуть опухоли с достаточно высокой интенсивностью. К сожалению, высокая интенсивность разрушает и здоровую ткань, через которую проходят лучи по пути к опухоли. При низкой интенсивности лучи безвредны для здоровой ткани, но не могут разрушить опухоль. Как, используя лучи, можно уничтожить опухоль и избежать разрушения здоровой ткани?»

Решением, которое требуется найти участнику, является следующий способ:

«Необходимо разделить источник лучей, имеющий большую интенсивность, на несколько источников, обладающих меньшей интенсивностью, и направить от них к опухоли лучи с разных сторон. Лучи должны одновременно достигнуть опухоли и объединить свое воздействие для ее разушения».

Все три задачи являются аналогичными с точки зрения их структуры, и поэтому допускают общий способ решения. Аналогия в структуре задач может быть описана следующим образом: Цель – с определенной силой (*силы армии генерала/силы армии командующего/мощность излучения*) поразить цель (*тиран в крепости/военный штаб на острове/опухоль*), которая недоступна для одновременного применения имеющейся совокупной силы (*узкие дороги/узкие мосты/чувствительные здоровые ткани*). Для проведения этой силы к цели требуется сначала совокупную силу разделить (*армию генерала по разным дорогам/армию командующего по разным мостам/излучения на отдельные источники*), затем провести в «разделенном виде», а потом вновь объединить непосредственно в точке цели (*у стен крепости/ на вражеском острове/на опухоли*) для решающего удара (*захвата крепости/захвата штаба/разрушения опухоли*).

Процедура. Эксперимент проводился в небольших группах (от 20 до 30 человек). В каждой группе использовались все три экспериментальные условия одновременно. Для этого каждая группа делилась на три подгруппы, соответственно какому-то одному экспериментальному условию.

На первом «учебном» этапе все участники получили буклеты, начинающиеся одинаково: с презентации задачи «Генерал» (включая ее решение), которая сопровождалась инструкцией изучить ее внимательно. Затем участников просили изложить ее письменно. Цель изложения была только в том: убедиться, что все

участники прочитали задачу. Первый этап длился около 10 *мин*.

После этого задания в буклетах различались. В *активном* экспериментальном условии испытуемые получали инструкцию подумать и сформулировать принцип решения задачи, изложить этот принцип как общий и проиллюстрировать принцип решения с помощью схемы. Всего в активном условии работали 106 человек.

В *пассивном* экспериментальном условии студенты изучали единственную задачу без каких-либо дополнительных инструкций. Затем участники заполняли небольшой опросник, никак не связанный с задачей, и нужный только для баланса времени. В этом условии работало 72 человека.

В условии *сравнения* студенты получали две аналогичных задачи для изучения («Генерал» и «Командующий»). Им нужно было их прочитать и описать, в чем схожи обе задачи. В этом условии работали 23 человека. Неравное количество участников в трех экспериментальных условиях было связано с тем, что нужно было набрать больше людей, изучающих единственную задачу, чтобы потом включить их в дополнительное исследование.

Затем все три группы получали трансферную задачу «Опухоль» с инструкцией «*прочитать задачу внимательно и решить максимально возможным числом способов*». Время решения ограничивалось 10 *мин*.

Кодирование. Фиксировался прежде всего факт использования конвергентного способа решения задачи «Опухоль». Это был ключевой признак успешного переноса. Помимо этого, оценивались протоколы участников из активного условия. Качество сформулированных ими принципов кодировалось как «2», если указывался полный принцип конвергенции: разъединение для проведения общей силы и соединение (объединение) отдельных сил для единовременного удара с изначальной силой; как «1», если принцип указывался частично (только разъединение или только объединение), и как «0», если не указывалось ничего из принципа конвергенции. Эта кодировка полностью следовала оригинальным критериям (Gick, Holyoak, 1983).

Кодирование осуществляли независимо друг от друга один из авторов этой статьи и коллега, не связанный с этим исследованием. Доля согласия составила 94%. Спорные случаи были обсуждены и выставлена согласованная оценка.

Кроме этого, мы кодировали аспекты истории «Генерал», к которым относился принцип (в деталях описывается ниже). В этой кодировке участвовали только авторы статьи, совместно обсуждая каждый выведенный принцип.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнительная эффективность экспериментальных манипуляций. Частота переноса в трех экспериментальных условиях показана на рис. 1. Частота переноса в пассивном условии оказалось сопоставима с результатами, полученными в исследовании М. Гик и К. Холиоака – 31% (табл. 1). Однако активное условие, вопреки нашим ожиданиям, показало меньшую долю успешного переноса (12%).

Чтобы сравнить значимость различий в доле переноса во всех трех условиях по отношению друг к другу мы провели логистическую регрессию, где референтной категорией выбрали пассивное условие, а сравнение и активное выведение принципа использовались как предикторы переноса. Регрессионная модель имела общую статистическую значимость χ^2 (2, 201) = 9,05; $p = 0{,}011$; Cox и Snell $R^2 = 0{,}044$. Анализ показал значимый негативный эффект активного выведения принципа по сравнению с пассивным условием, $b = -1{,}15$;

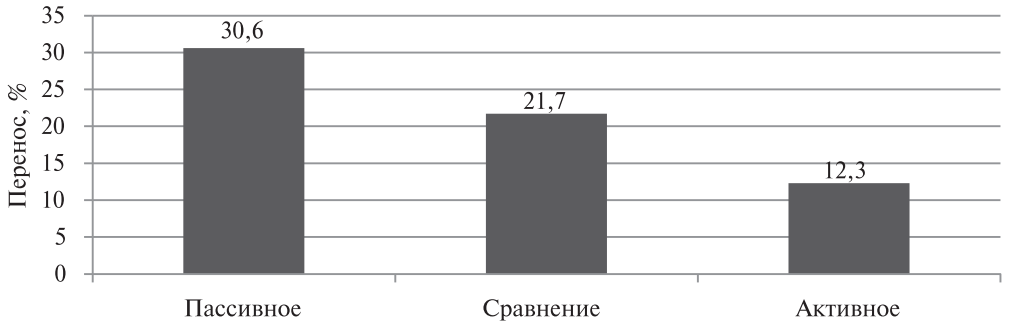

Рис. 1. Эффект различных инструкций для переноса

$SE = 0{,}39$; Wald = 8,59; $OR = 0{,}32$; $p = 0{,}003$. Не было обнаружено значимых различий между участниками в пассивном условии и условии сравнения $b = -0{,}46$; $SE = 0{,}57$; Wald = 0,66; $OR = 0{,}63$; $p = 0{,}417$. Это был довольно неожиданный результат, так как не только в исследовании М. Гик и К. Холиоака, но также и во многих других исследованиях (например, Gerjets, Scheiter, Schuh, 2008; Richland, McDonough, 2010) результаты были иными.

Сравнение аналогов приводило к росту доли переноса по отношению к группе работающих с единственной задачей. Мы вернемся к этому моменту, когда будем интерпретировать результаты. Дальнейший анализ будет сосредоточен на детальном сравнении участников из активного и пассивного условий.

Качество принципа и успешность переноса. Мы проанализировали сформулированные участниками из активного условия принципы решения задачи «Генерал». Результаты этого анализа показали, что качество выведенного принципа с точки зрения описанной дивергенции-конвергенции было скорее низким: полностью описали принцип 9,6% участников, частичное описание дали 56,4% участников, 34,0% участников не смогли описать принцип. Качество выведенного принципа имело определяющий эффект для последующего переноса: группа с полным описанием принципа значимо чаще выполняла перенос (66,7%), чем группы с неполным (11,3%) или отсутствующим описанием принципа (3,1%), (χ^2 (1, 62) = 15,09; $p < 0{,}000$; χ^2 (1, 41) = 20,03; $p < 0{,}000$ соответственно).

Эти результаты совпадают с теми, что получили М. Гик и К. Холиоак при анализе связи качества выведенного принципа и последующего переноса. Важно, однако, что они оценивали качество принципа решения, общего для двух сравниваемых учебных задач. В нашем же случае оценивалось качество принципа, выведенного из единственной учебной задачи.

Многоаспектность задачи «Генерал» и выведенные принципы. Более тщательный анализ выведенных в активном условии принципов показал, что они различались не только по полноте описания конвергенции, но вообще относились к разным аспектам задачи «Генерал». Мы обнаружили, что только 16% участников вывели релевантный принцип, т.е. тот, который касался разделения изначальной силы на несколько маленьких сил и затем соединения их. Этот принцип является единственно релевантным, потому что он один может быть потенциально полезен для решения трансферной задачи. Другие участники вывели нерелевантные принципы, хотя они также были сформулированы как общие правила для определенного типа ситуаций. К примеру, выведенный принцип мог касаться тактических находок генерала

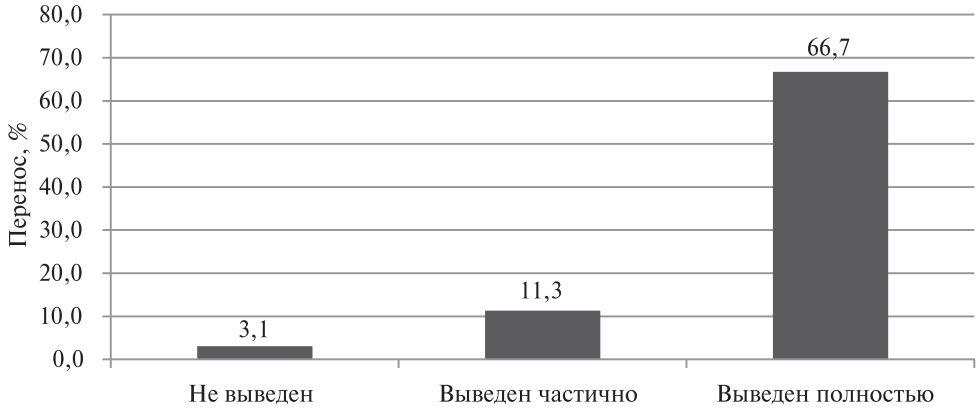

Рис. 2. Качество выведенного принципа и перенос

(«*Окружение – эффективная тактика*») или этических сторон этой истории (*«Нужно действовать с минимальным ущербом для других»*). Несмотря на абстрактный уровень формулировки, эти принципы были оценены нами как нерелевантные из-за их бесполезности для решения трансферной задачи.

Из рис. 3 видно, что релевантность принципа оказалась связанной с вероятностью переноса: среди студентов, которые вывели релевантный принцип, более трети смогли потом перенести его на трансферную задачу, тогда как среди участников, описавших нерелевантный принцип, существенно меньший процент смог потом выполнить перенос ($\chi^2(2, 106) = 10{,}517$; $p < 0{,}005$).

Особый интерес представляет собой тот факт, что доля переноса у студентов, выведших неверный принцип, была существенно ниже, чем у студентов из пассивного условия, от которых вообще не требовалось формулировать какой-либо принцип. Мы провели логистическую регрессию, прямо сравнивающую вероятность переноса в этих трех группах. Обе группы из активного условия были использованы как предикторы переноса, группа из пассивного условия – как референтная категория. Вся модель была значима,

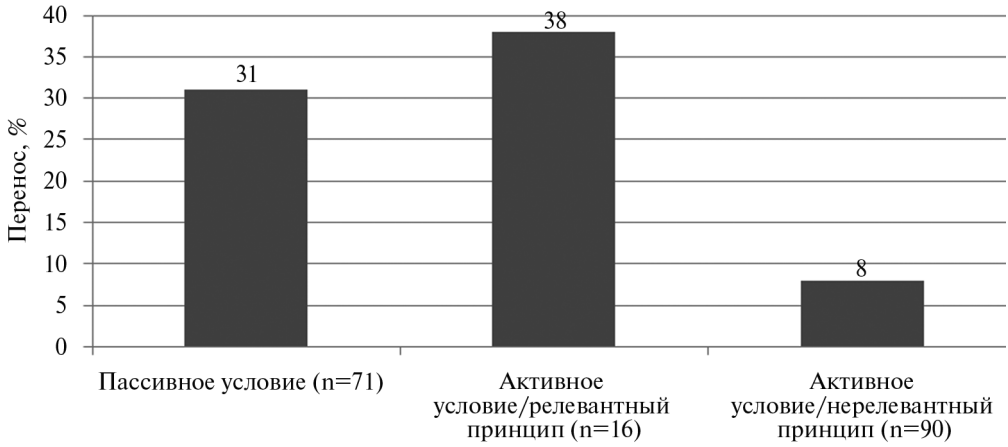

Рис. 3. Процент переноса как функция условия и в активном условии как функция релевантности выведенного принципа

χ^2 (2, 177) = 14,80; $p < 0{,}001$; Cox and Snell $R^2 = 0{,}08$. Анализ показал значимый негативный эффект выведения в сравнении с пассивным условиям, $b = -1{,}49$; $SE = 0{,}47$; Wald = 10,18; $OR = 0{,}22$; $p < 0{,}001$. Между участниками из пассивного условия и теми, кто вывел релевантный принцип, значимых различий в вероятности переноса обнаружено не было, $b = 0{,}41$; $SE = 0{,}58$; Wald = 0,49; $OR = 1{,}50$; $p = 0{,}480$.

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании мы проверили эффект самостоятельного выведения принципа из учебной задачи для последующего его переноса на новую задачу. Мы обнаружили, что в действительности инструкция самостоятельно вывести принцип снижает частоту переноса по сравнению с условием, когда изучение задачи не связано с необходимостью вывода принципа. Второй момент, который был также весьма неожиданным, заключался в низкой эффективности инструкции на сравнение двух учебных задач. Мы начнем обсуждение с последнего отмеченного факта.

Почему инструкция на сравнение двух учебных задач не привела к ожидаемому росту частоты переноса? Действительно, судя по работе М. Гик и К. Холиоака (1983), можно было ожидат по крайней мере 39% успешного переноса, когда участники сравнивают внешне сходные учебные задачи-аналогии. Во многих более поздних работах также было продемонстрировано преимущество сравнения нескольких аналогов для понимания структуры задачи (Gentner, Loewenstein, Thompson, 2003; Gerjets и др., 2008; Loewenstein, Thompson, Gentner, 2003; Richland, McDonough, 2010). Не имея оригинальных данных этих работ, сложно судить о значимости разницы между нашими данными (в нашем эксперименте он составил 22%) и данными указанных исследований, но мы можем попробовать объяснить слабый эффект сравнения в той же логике доминирующей интерпретации.

Сравнение должно было выполнять фильтрующую роль, помогая отбрасывать нерелевантные аспекты учебной задачи: в идеале сравниваемые задачи должны иметь на своем пересечении единственный релевантный аспект: в нашем случае – конвергенция слабых сил в точке воздействия. Однако учебные задачи, которые предлагались нашим участникам для сравнительного изучения, имели в качестве общих несколько аспектов помимо конвергенции: например, военные тактики или организация деятельности. Поэтому сравнение в нашем случае не играло роли фильтра и не оставляло только релевантный аспект для самостоятельного выведения принципа. Это объяснение носит, к сожалению, только гипотетический характер, так как мы не просили описать сходство решений двух изученных задач.

Возвращаясь к главному результату нашего исследования – снижению доли переноса в условии активного выведения принципа по сравнению с пассивным изучением задачи – мы предполагаем, что именно сочетание инструкции на самостоятельное выведение принципа и комплексности задачи сыграло главную роль в неудаче переноса принципа на новую задачу. Как показал качественный анализ выведенных принципов, это снижение происходило в основном за счет тех участников, кто пытался вывести общий принцип, но сосредоточился на нерелевантных аспектах учебной задачи. Исключительно важно, что сами по себе выведенные принципы были полноценными – они звучали как общие правила, пригодные к применению в ситуациях определенного типа. Например, «*Чтобы попасть в крепость и уничтожить врага, нужно пользоваться правилом – разделяй и властвуй*» или «*Для победы нужно хитрить*». Проблема

заключалась не в том, что участники не могли вывести общий принцип из единственной учебной задачи, а в том, что тот аспект учебной задачи, по поводу которого формулировалось правило, отсутствовал в новой задаче. В этом была главная причина последующего провала с переносом – выведенное правило не могло быть перенесено на новую задачу из-за отсутствия в этой задаче релевантного аспекта.

Мы полагаем, что в момент вербальной формулировки принципа в отношении какого-то аспекта задачи «Генерал» могла произойти фиксация именно этого аспекта в памяти; задача получала доминирующую интерпретацию. Эта доминанта подавляла все остальные возможные интерпретации задачи, затрудняла доступ к другим ее аспектам, так что дальнейший перенос полностью зависел от того, какой аспект был выделен как доминирующий: релевантный для конкретной новой задачи или нет.

Появление доминирующей интерпретации объясняет также, почему в отсутствие инструкции на выведение принципа частота переноса остается выше, чем с такой инструкцией. Если учебная задача не сопровождалась инструкцией на самостоятельное выведение принципа, то все аспекты задачи «Генерал» могли иметь равный доступ к памяти участника. При решении новой задачи любой аспект учебной задачи мог быть выбран как источник подходящего способа решения, так как доминирующей интерпретации не было сформировано заранее. Отсюда и значимо большая частота переноса в пассивном условии: в отсутствие доминирующей интерпретации доступ ко всем аспектам задачи «Генерал», и в том числе, к подходящему аспекту, оставался открытым в момент решения трансферной задачи.

Некоторую непрямую поддержку наших результатов можно найти в исследованиях, показавших, что рост активности в прорабатывании нового материала не всегда улучшает последующий перенос. Например, Д. Кумминс (Cummins, 1992) показала, что при решении новых математических задач, аналогичных тем, на которых проходило обучение, студенты, которые только читали учебную задачу, были более успешны в переносе, чем те, которые, кроме чтения учебной задачи, отвечали на вопросы на понимание. Возможно, преимущество условия «только чтение» было связано с тем, что оно оставляло различные характеристики задач доступными для дальнейшего использования, не ограничивая интерпретацию задачи каким-то одним вариантом. Этот феномен выглядит похожим на наш результат: вопросы на понимание могли сфокусировать внимание на определенных характеристиках задачи, которые могли не быть релевантыми для новой задачи; как в нашем исследовании выведение нерелевантного принципа могло ограничить доступ к релевантным для трансферной задачи характеристикам.

Кроме того, есть несколько исследований, показавших амбивалентную роль активного прорабатывания учебной задачи по сравнению с пассивным ее изучением, хотя в этих работах не использовался перенос в качестве контрольной меры. Так, в работе Б. Стейна и Дж. Браснфорда (Stein, Bransford, 1979) было выяснено, что вспоминание изученных предложений улучшалось, когда сам экспериментатор предлагал осмысленный контекст для их интерпретации, чем когда участники эксперимента придумывали этот контекст самостоятельно. Отчасти это было связано с тем, что больш*а*я порция самостоятельно придуманных контекстов была лишь косвенно связана с основным смыслом изучаемых предложений, мешая, таким образом, вспомнить предложения по их ключевым аспектам.

В уже упомянутой выше работе (Ahn, Brewer, Mooney, 1992) авторы также не получили от участников понимания того, какие характеристики необходимы для дей-

ствующих в истории объектов (constraints), если это была единственная история и она не сопровождалась вопросами, стимулирующими ее более глубокую переработку (например, подумать о цели описываемого ритуала). Однако проработка изучаемого материала с точки зрения цели описанных действий позволяла осознать ключевые его элементы, даже без помощи сравнения с какой-то аналогичной историей. Интересно, что в этом случае представление о цели выступило важным ограничителем для появления возможных нерелевантных интерпретаций. Ниже мы подробнее остановимся на идее необходимости такого рода ограничителей при свободном изучении нового материала.

Вообще говоря, существует распространенное убеждение, что активное изучение нового материала ведет к лучшему его пониманию, чем может дать «пассивное обучение», где объяснение или решение даются сразу в готовом виде. Наши результаты могут выглядеть как противоречащие этому широко распространенному мнению. Не защищая «пассивный» подход, мы полагаем, что направляемое изучение нового материала является более эффективным подходом, когда речь идет о комплексных ситуациях, предложенных для изучения. Эта мысль ясно выражается в работах Л.С. Выготского, когда он спорит с идеей Ж. Пиаже о поддержке свободного исследования как ключевого инструмента развития ребенка (Пиаже, 1994), тогда как подход Ж. Пиаже соответствовал скорее ранним этапам онтогенеза, Л.С. Выготский считал, что когда учащийся приступает к освоению культурного материала (например, приобретая научное знание), при всей важности активной роли ребенка равно важна и позиция взрослого, направляющего мысль ребенка в процессе познания. Это направляющее воздействие может обеспечиваться, например обратной связью на разных этапах решения задачи, дополнительными подсказками и пр. (Выготский, 1991).

В современных эмпирических работах мы также нашли поддержку идеи важности направляющей позиции учителя при решении комплексных задач. К примеру, было продемонстрировано, что когда студенты должны были исследовать сложные геометрические задачи и вывести эффективный способ их решения, то та группа, которая получала направляющие подсказки, освоила новый способ решения лучше, чем та, что работала без подсказок (Chen, Kalyuga, Sweller, 2015). В этом исследовании было показано, что подсказки не играют никакой роли при самостоятельном изучении способов решения более простых задач. В нескольких кросс-культурных исследованиях (Hiebert, Stigler, 2000; Stigler, Thompson, 2009) было выявлено, что высокие достижения учащихся в математике и естественно-научных дисциплинах в некоторых странах связаны с тем, что там, как правило, ученикам предлагается самостоятельно решать трудные и комплексные задачи при одновременном активном участии учителя в обсуждениях и его контроле за возникающими у детей ошибочными представлениями.

В поддержку нашей мысли о неоднозначности пользы «конструктивистского» подхода к обучению мы можем сослаться еще на две работы: П. Киршера с коллегами (Kirschner, Sweller, Clark, 2006) и Э. Фуртак и М. Кунтер (Furtak, Kunter, 2012). Обобщая обширный материал и проводя собственные эмпирические исследования, авторы показали, что активное самостоятельное изучение комплексных ситуаций может не приводить к запланированным результатам, если не учитываются другие факторы (например, контролирующая деятельность учителя или предварительные знания учеников).

По всей видимости, инструкция на самостоятельное изучение материала, генерацию выводов и обобщений ставит

дальнейшее применение изученного в зависимость от того, на какой аспект учебного материала обратил внимание решающий. Если выделен аспект, релевантный для последующей педагогической задачи, то, скорее всего, выведенный принцип будет перенесен на новую задачу. Если аспект оказался нерелевантным, то перенос будет затруднен. Важно, что релевантность выбранного аспекта при такой инструкции остается делом случая. Самостоятельное выведение правил и принципов при изучении комплексных проблем, если оно не направляется пониманием целей обучения, видением возможной области применения, не дает никакого преимущества по сравнению с обычным ознакомлением с проблемой. Более того, и как это ни парадоксально, простое ознакомление будет даже более эффективным, чем самостоятельно сделанный, но ничем не направляемый вывод.

Представление о целях и контексте будущего применения изученного должно направлять обучение, либо учебные задачи, данные для самостоятельного изучения, должны быть подобраны так, чтобы привлекать внимание к нужному аспекту. Эта комбинация самостоятельного изучения нового материала и внимательное руководство учителя появляющимися интерпретациями, по всей видимости, будет вести и к глубокому пониманию материалаЭ и к бо́льшим возможностям в применении изученного в новых контекстах.

1. *Выготский Л.С.* Динамика умственного развития ребенка в связи с обучением // Педагогическая психология / Под ред. В.В. Давыдова. М.: Педагогика, 1991. 430 с.
Vygotsky L.S. Dinamika umstvennogo razvitiya rebenka v svyazi s obucheniem [The dynamic of the child's mental development in connection with teaching] // Pedagogical psychology / Pod red. V.V. Davydov. M.: Pedagogika, 1991.
2. *Гальперин П.Я.* Обучение и умственное развитие в детском возрасте // Психология как объективная наука / Под ред. А.И. Подольского. М.: Изд-во Ин-та практической психологии; Воронеж: МОДЕК. 1998. 480 с.
Galperin P.Ya. Obuchenie i umstvennoe razvitie v detskom vozraste [Learning and mental development in childhood] // Psychology as an objective science / Pod red. A.I. Podolsky. M.: Institute of Practical Psychology editing house; Voronezh: MODEK, 1998.
3. *Пиаже Ж.* Речь и мышление ребенка. М.: Педагогика-Пресс. 1994. 526 с.
Piaget J. Rech' i myshlenie rebenka [Speech and thinking of a child]. M.: Pedagogy-Press, 1994.
4. *Ahn W., Brewer W.F., Mooney R.J.* Schema acquisition from a single example // J. of Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognition. 1992. V. 18 (2). P. 391–412.
5. *Barnett S. M., Ceci S.J.* When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer // Psychol. Bull. 2002. V. 128 (4). P. 612–637.
6. *Biela A.* Analogy in science. Frankfurt: Peter Lang. 1991.
7. *Black A.E., Deci E.L.* The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective // Sci. Educ. 2000. V. 84 (6). P. 740–756.
8. *Blumenfeld P.C.* et al. Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning / Blumenfeld P.C., Soloway E., Marx R. W., Krajcik J., Guzdial M., Palinscar A. // Educat. Psychologist. 1991. V. 26 (3&4). P. 369–398.
9. *Chen O., Kalyuga S., Sweller J.* The worked example effect, the generation effect, and element interactivity. // J. of Educat. Psychol. 2015. V. 107 (3). P. 689–704.
10. *Crawford B.A.* Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers // J. Res. in Science Teaching. 2000. V. 37 (9). P. 916–937.
11. *Cummins D.D.* Role of analogical reasoning in the induction of problem categories. // J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognition. 1992. V. 18 (5). P. 1103–1124.
12. *Day S.B., Goldstone R.L.* The import of knowledge export: Connecting findings and theories of transfer of learning // Educat. Psychologist. 2012. V. 47 (3). P.153–176.
13. *Falkenhainer B.* et al. The structure-mapping engine: Algorithm and examples / Falkenhainer B., Kenneth D., Forbus K.D., Gentner D. // Artificial Intelligence. 1989. V. 41 (1). P. 1–63.
14. *Furtak E.M., Kunter M.* Effects of autonomy-supportive teaching on student learning and motivation // The J. Exp. Educat. 2012. V. 80 (3). P. 284–316.
15. *Gentner D.* Structure-mapping: A theoretical framework for analogy // Cognit. Sci. 1983. V. 7 (2). P.155–170.

16. *Gentner D., Markman A.B.* Structure mapping in analogy and similarity // Am. psychologist. 1997. V. 52 (1). P. 45–56.
17. *Gentner D., Smith L.* Analogical reasoning // Ramachandran V.S. (ed.) Encyclopedia of Human Behavior. N.Y.: Elsevier. 2012. P. 130–136.
18. *Gentner D., Loewenstein J., Thompson L.* Learning and transfer: A general role for analogical encoding // J. Educat. Psychol. 2003. V. 95 (2). P. 393–405.
19. *Gentner D.* et al. Rapid learning in a Children's Museum via analogical comparison / Gentner D., Levine S.C., Ping R., Isaia A., Dhillon S., Bradley C., Honke G. // Cognit. Sci. 2016. V. 40 (1). P. 224–240.
20. *Gerjets P., Scheiter K., Schuh J.* Information comparisons in example-based hypermedia environments: Supporting learners with processing prompts and an interactive comparison tool // Educ. Technol. Res. and Devel. 2008. V. 56 (1). P. 73–92.
21. *Gick M.L., Holyoak K.J.* Schema induction and analogical transfer // Cognit. Psychol. 1983. V. 15 (1). P. 1–38.
22. *Goldstone R.L.* Similarity, interactive activation, and mapping // J. Exp. Psychol.: Learning, Memory, and Cognition. 1994. V. 20 (1). P. 3–28.
23. *Hesse M.B.* Models and analogies in science. Notre Dame, IN: Univ. of Notre Dame Press. 1966.
24. *Hiebert J., Stigler J.W.* A proposal for improving classroom teaching: Lessons from the TIMSS video study // The Elementary School J. 2000. V. 101 (1). P. 3–20.
25. *Kirschner P.A., Sweller J., Clark R.E.* Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching // Educat. psychologist. 2006. V. 41 (2). P. 75–86.
26. *Loewenstein J., Thompson L., Gentner D.* Analogical learning in negotiation teams: Comparing cases promotes learning and transfer // Acad. Management Learn. and Educ. 2003. V. 2 (2). P. 119–127.
27. National Research Council. Inquiry and the National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press, 2001.
28. National Research Council. National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press, 1996.
29. National Research Council Taking science to school: Learning and teaching science in Grades K–8.Washington, DC: National Academies Press, 2007.
30. *Pintrich P.R.* A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts // J. of Educat. Psychol. 2003. V. 95 (4). P. 667–686.
31. *Pintrich P.R., Marx R.W., Boyle R.A.* Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change // Rev. Educat. Res.1993. V. 63 (2). P. 167–199.
32. *Richland L.E., McDonough I.M.* Learning by analogy: Discriminating between potential analogs // Contemporary Educat. Psychol. 2010. V. 35 (1). P. 28–43.
33. *Stein B.S., Bransford J.D.* Constraints on effective elaboration: Effects of precision and subject generation // J. of Verbal Learn. and Verbal Behav. 1979. V. 18 (6). P. 769–777.
34. *Stigler J.W., Thompson B.J.* Thoughts on creating, accumulating, and utilizing shareable knowledge to improve teaching // The Elementary School J. 2009. V. 109 (5). P. 442–457.
35. *Thagard P.* Medical analogies: Why and how? // Proc. the Nineteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society. 1997.

Поступила в редакцию