

# Действие моделирования в учебной деятельности школьников (к постановке проблемы)

С. Ф. Горбов,

кандидат психологических наук;

Е. В. Чудинова,

кандидат психологических наук

Понимание того, что такое моделирование, в настоящее время только оформляется в науке. Анализ этого вопроса, проведенный А. Ф. Лосевым, показывает, что, например, в лингвистике понятие модели начинает всерьез разрабатываться в 50–60-х гг. нашего века, лишь в 1957 г. Эттингер говорит о моделях не только как о воспроизведении действительности, но и как о воздействии на эту действительность. Разумеется, несколько раньше подобные процессы свершались в естественнонаучных областях знания. Так или иначе, но за последнее время «понятие модели проникло почти во все науки и везде приобрело тот или иной специфический оттенок» [3, с. 16].

В психологической литературе также стала разрабатываться соответствующая проблематика и были предложены психологические классификации моделей, достаточно подробный анализ которых приведен в работе Н. Г. Салминой [5]. Общая особенность этих классификаций состоит в том, что все они были созданы под запросы конкретных психологических исследований в определенной области науки. Вероятно, на существующем этапе развития нашего понимания это имеет смысл. Аналогично в рамках проблематики учебной деятельности необходима и возможна своя классификация моделей.

Основное требование, которое должно быть к ней предъявлено, состоит в том, чтобы различить виды моделей в учебной деятельности не абстрактно-эмпирически, а по их происхождению в совместной учебной деятельности класса.

## Виды и функции модели в учебной деятельности

Рассмотрим первоначально, как изменяются функции модели в ходе обучения от младшего школьного к подростковому возрасту.

Исторически наиболее ранняя (*первая*) функция моделей состоит в фиксации выделенных внечувственных отношений между реальными объектами мира и действий с этими объектами. На этом этапе модель неотличима от схемы общего способа действий или структуры объекта. Как структура объекта, так и общий способ действий с объектом представляются в схеме в виде зафиксированных отношений, выявляемых путем анализа действий с объектом и не данных в непосредственном чувственном опыте. Знаковые формы, ко-

торые может принимать модель, разнообразны — это формулы, схемы, шкалы, графики, чертежи, пространственные макеты и др.

Первоначально модель возникает в классе совместно работающих детей по инициативе учителя, понимающего необходимость фиксации найденных классом отношений в наиболее общей форме.

В пределах этого этапа происходит постепенное нарастание инициативности детей в выборе модельных средств, способности «читать» схему, используя ее в качестве эталона, активно преобразовывать схему, видоизменяя ее под требования конкретно-практической задачи.

Исторически *вторая функция модели* в учебной деятельности класса обнаруживается тогда, когда модель начинает систематически использоваться совместно работающими детьми как средство для постановки новых учебных задач. В терминологии В. В. Репкина учебно-практическая задача преобразуется для детей в учебно-исследовательскую.

Этот переход означает, что дети освоились «внутри» выстроенного понятия (общего способа действий) и схема способа видится ими как имеющая «дырки», «белые пятна», требующие изучения.

В плане освоения моделирования можно отметить наличие у детей способности использовать совместно построенную модель для получения нового знания об исследуемом объекте.

Моделирование как индивидуальная способность существует в это время в широчайшем диапазоне сформированности.

Появление у модели *третьей функции* (условно говоря, управляющей) знаменует переход к собственно моделированию как «обратному воздействию» на реальность, как получению нового знания об исходном объекте на объекте-заместителе. Полноценное действие такого рода оказывается принципиально возможным только в условиях «многомодельности». Иными словами, наличие сразу нескольких принципиально разнокачественных моделей «одной» реальности делает возможным видение реальности как ограниченной определенным способом рассмотрения и ставит ее в симметричные отношения с собственными моделями: реальность может быть рассмотрена как модель своей модели.

Здесь важно заметить, что на разных учебных предметах вторая и третья функции модели возникают в разной последовательности. Это связано со спецификой учебного предмета и характером строящихся в нем моделей. Так, в существующем курсе математики вторая функция практически себя не обнаруживает до четвертого года обучения, поскольку системность строящихся в этом курсе моделей становится явной для детей начиная с этого времени. В то же время в курсе русского языка системный характер строящихся моделей просматривается практически с начала обучения, поэтому и функция предвосхищения возникает раньше.

В плане организации учебной деятельности третий этап отчетливо обнаруживает себя в только строящихся курсах физики, биологии, географии, математики для средней школы (VI—VII классы, авторы В. А. Львовский, Е. Н. Букварева, Е. В. Чудинова, А. Б. Воронцов, С. Ф. Горбов).

В плане рассмотрения способностей отдельного ребенка этот этап, видимо, может быть понят как этап индивидуализации способности моделирования.

*Четвертая функция модели* обнаруживается тогда, когда модель систематически используется детьми как средство представления собственного исследующего действия. Они начинают изобретать и применять свои модельные средства, которые позволяют проявить собственное понимание и объяснение реальности, вступить в коммуникацию с другими исследователями. При таком использовании модели фиксируется траектория собственного познавательного движения. На существующем этапе построения курсов обучения этот этап пока представляется чисто гипотетическим.

Рассмотрим подробно две первые функции и соответствующие моментам их появления в учебной деятельности этапы их становления. На первом этапе, как было уже сказано, модель возникает в классе по инициативе учителя, фиксирующего найденные классом способы действий в наиболее общей форме.

Знаковые формы, которые может принимать модель, разнообразны — это формулы, схемы, шкалы, ряды, графики, чертежи, пространственные макеты и др. Так, на уроках математики постепенно возникают три вида таких форм: чертежи, схемы и формулы. Они фиксируют математическую сторону предметного действия.

Эти три вида модельных средств обладают разными изобразительными возможностями. В чертеже отношение вещей представлено через другие вещные характеристики. Через соотношение длин линий передается соотношение всех других величин (масса, площадь, объем и др.). Собственно, связь в чертеже не указывается, а передается с помощью объектов.

В схемах (стрелочных диаграммах) отношения задаются с помощью стрелок, на отношение лишь указывается. Язык формул — это язык, который может быть подвергнут преобразованиям по правилам самой знаковой реальности. Он отличается более развитым синтаксисом.

Формула и чертеж удобны для задания одного отношения. Чтобы зафиксировать сразу несколько отношений, лучше использовать схему.

Таким образом, любой вид модельных средств нужен в учебной деятельности для того, чтобы оторвать способ действия от самого предметного действия и задать его как общий способ. При этом один тип знаков придает модели объектный характер, другой тип — действительный характер. Говоря об объектном характере модели, мы имеем в виду изображение отношений, связывающих части объекта, т. е. изображение его структуры. «Выбранной» из общего способа действий и моделируемой реальностью в одном случае становятся объекты и их отношения (в большей степени, чем действия с ними), а в другом — действия с объектами (в большей степени, чем отношения и связи в объектах).

Так, например, в математике за формулой стоит преимущественно действие, а в чертеже — объект. Однако при этом важно учитывать, что это объект, существующий в действии. В естествознании также используются разнообразные модельные средства, но фиксация того общего способа действия, который является исходной «клеточкой» учебного предмета естествознания, осуществляется в форме схемы действий (схематизируются шаги экспериментирования). Другие модели, применяемые при построении объяснительных гипотез, напротив, носят преимущественно «объектный» характер, так же как и схемы, использующиеся в обучении русскому языку.

Первоначально при разработке курсов математики предполагалось, что схема и чертеж носят вспомогательный характер для обеспечения перехода к чисто знаковым формам — формулам. То есть то, что мы называем реальностью, отображается в моделях, а они, в свою очередь, — в моделях более высокого уровня. Но оказалось, что в ходе реальной работы в классе все эти модельные формы имеют собственное значение и связаны между собой более сложными отношениями, поскольку могут рассматриваться по целому ряду критериев, таких, как, например, ориентация на действия или отношения в объекте, используются ли они в период построения способа действий или как «хранилище» выстроенного способа; само изображение может быть задано подобием или носить знаковый характер, может отличаться и способ действий с моделью (так, если схему просто можно «дорисовать», то включить одну формулу в другую непосредственно нельзя) и др.

Важно отметить, что все эти модельные средства не иерархизированы. Они существуют в учебном движении — иногда параллельно, иногда последовательно, задавая вместе модельную среду, некое знаково-символическое пространство совместных действий. Первоначально ценностный характер вхождения и существования в этом пространстве определяется систематическими действиями учителя, затем по мере становления собственной способ-

ности моделирования дети входят во вкус этой работы, и построение и использование моделей в разных функциях становится неотъемлемой стороной учебной активности детей.

Таким образом, на первом этапе начальной школы у ребенка не наблюдается ясное различение знаковых ситуаций. Почему для решения одной и той же задачи мы пользуемся то чертежом, а то формулой? Чем работа Вани, представившего свое действие в схеме, лучше, хуже, красивее, удобнее работы Маши, сделавшей то же самое с помощью таблицы или графика?

Изменение функции модели на следующем этапе учебного движения расставляет другие акценты в процессе постановки и решения учебной задачи — ключевого события в развитии учебной деятельности. Модель может быть использована совместно работающими в классе детьми как средство для постановки новых учебных задач. Это происходит потому, что примерно к концу второго — началу третьего года обучения (этот процесс не одинаково идет в разных учебных предметах) перед детьми в схемах выстраивается некоторая целостная система (понятие = общий способ действия). В математике это система натуральных чисел, в русском языке — система, построенная на основном принципе русского письма. Это позволяет окинуть взглядом всю систему целиком и увидеть «белые пятна», поставить вопросы, исходя из самих удерживающих систему схем. Но при этом усилие обнаруживаются свойства каждого из модельных языков, описывающих систему, начинают открываться изобразительные возможности разных средств.

Работа по исследованию модельных языков более активно проводится на материале естествознания. Учебная задача этого года обучения в данном курсе состоит в открытии и освоении способов моделирования, используемых при разработке объяснительных гипотез.

Для решения этой задачи очень удобен материал астрономии, позволяющий привлекать разнообразные модельные средства для представления отношений и взаимосвязей между наблюдаемыми объектами («живые» модели, модели из вспомогательных материалов, например мячей и фонарей, модели из конструктора, схемы и чертежи, компьютерные модели). Поэтому большая часть третьего года обучения базируется на астрономическом материале.

Сами учителя предварительно осваивают материал, пользуясь для понимания теми моделями, которые предлагается затем делать детям в классе. При этом учителя вынуждены разобраться в особенностях каждого типа модельных средств. Так, наиболее удобна для индивидуальной работы модель из пластмассового или металлического конструктора с планками и колесами. При работе с чертежами на бумаге необходимо проводить вспомогательные линии, показывающие, как распространяется солнечный свет, какую часть планет он освещает, какая сторона затемнена. Анализируя, что видит наблюдатель, нужно смотреть от наблюдателя («его глазами»), последовательно разбирая, что он видит слева (со стороны левой руки), а что — справа (со стороны правой руки).

Учитель должен хорошо разобраться в том, как работает модель, что она показывает, уметь самостоятельно логическим путем вывести следствия из того или иного положения рассматриваемой модели. Необходимо свободное владение учителем астрономическим материалом, предложенным детям для работы, так как смысл работы учителя состоит не в том, чтобы дети овладели основами астрономических знаний, а в том, чтобы они научились выстраивать и проверять гипотезы, открывая для себя и используя разнообразные модельные средства. Учителю на уроках часто приходится сталкиваться с новыми объяснительными моделями, предложенными детьми, и он должен уметь ориентироваться в любой новой модели.

Моделирование как индивидуальная способность детей существует в широчайшем диапазоне сформированности. Учителю нужно предоставлять детям возможность выбора тех модельных средств, которые позволяют работать с ними, удерживая задачу. Для детей с низким уровнем развития способности моделирования такими средствами становятся ша-

ры и лампы, обеспечивающие максимальное сближение замещаемого плана и плана модели и при изменении модельного плана получение знания о реальном. Для детей с высоким уровнем развития этой способности оказывается возможным решить задачу преобразования модели в уме, опираясь только на неподвижную схему.

## Феномены детского поведения

Противоречие, которое нельзя не учитывать при построении обучения по системе Д.Б. Эльконина — В.В. Давыдова, состоит в том, что, с одной стороны, способность моделирования является необходимой частью умения строить и понимать теоретическое знание, а с другой — ребенок приходит в I класс, не обладая ни в малейшей степени этой способностью.

Первоначальные представления о роли моделирования в учебной деятельности младших школьников сводились к тому, что модель должна быть средством фиксации найденного общего способа действий по отношению к практическим действиям детей. Это позволяло предположить, что действие моделирования (фиксация найденного отношения в знаково-символической форме) и действия преобразования модели и конкретизации этого общего способа для целого ряда частных задач являются необходимым условием осуществления учебной деятельности и основой для становления теоретического мышления школьников.

Постепенно представления о роли моделирования расширились. Так, В. В. Репкин, рассматривая становление целеобразования в учебной деятельности, обнаружил, что фиксируемая в моделях система понятий впоследствии может сформировать новый пласт целей, переводя действие ребенка из практического в собственно исследовательское [4].

Е. В. Чудинова, исследуя субъективную семантику учебных моделей, показала, что символы, используемые при их построении, приобретают у детей качество пристрастности, а значит, по-видимому, «насыщаются аффектами» прошлого учебного опыта и могут впоследствии определять притягательность для ребенка моделирования, следовательно, и теоретического мышления как особой деятельности [6].

Вместе с тем динамика становления моделирования как способности ребенка никогда детально не изучалась. В работах Н. Г. Салминой, посвященных лабораторному формированию моделирования у детей и взрослых, было показано, что при специальных обучающих воздействиях возможно полноценное формирование этой способности уже у третьеклассников (хотя были отмечены своеобразные трудности, возникающие в ходе формирования, и не был в достаточной степени исследован характер переноса моделирующих действий ребенка на новые материалы) [5]. Однако разница между лабораторным формирующим экспериментом и обучением в начальной школе, построенном на принципах учебной деятельности, состоит именно в отсутствии в школьном обучении целенаправленного формирования моделирования как деятельности.

Систематическое участие ребенка в действиях моделирования и преобразования модели, осуществляемых совместно работающими детьми, порождает своеобразные феномены детского поведения. Наблюдая эти феномены и выстраивая обучение так, чтобы ребенок мог их преодолеть, учитель дает ребенку возможность освоить те средства и способы моделирования, применяя которые в другой ситуации ребенок обретает саму способность моделировать нечто.

В этих феноменах обнаруживаются противоречия, определяющие развитие моделирования как человеческого действия. В этом смысле они носят вневозрастной характер. С такими проблемами можно столкнуться в самых разных возрастах. В то же время эти феномены отличаются специфической возрастной динамикой, поэтому их необходимо изучать и в возрастном аспекте.

Рассмотрим феномены детского поведения, обнаруживающие особенности организации мышления детей младшего школьного возраста.

«Простое» символическое замещение и простейшая фиксация внечувственного отношения в схеме. В основе самой простой схематизации лежит действие замещения объекта знаком или символом. На самом деле реально всегда замещается не объект, а некоторое отношение в объекте. В начале первого года обучения от ребенка постоянно требуется выполнение этого действия при освоении разных учебных предметов.

Так, например, на естествознании учитель спрашивает детей о том, можно ли как-то упростить запись результатов наблюдений за погодой; обязательно ли делать такие подробные рисунки, какие они делали при выполнении домашнего задания.

Предложения детей о введении символических обозначений разных состояний погоды фиксируются учителем под цветными картинками, отражающими различные состояния погоды, при этом учитель последовательно вешает картинки на доску. Дети обозначают состояния погоды символами (солнечно, облачно, дождь, ветер) рядом с картинками в тетради. Так вместо подробных картин с изображением состояний погоды в записях детей появляются знаково-символические обозначения, например П (Я) или, что то же самое, П (☀), означающее, что «погода ясная». Аналогичным образом вводятся обозначения состояний других объектов, например В (Ж) и В (Т), что соответственно означает жидкое и твердое состояния воды.

В процессах означивания дети принимают активную роль, они в большинстве случаев охотно подхватывают задачу замещения реального объекта символом или знаком и предлагают свои символы для обозначения. Наиболее просто для них обозначить состояние объекта первой буквой слова «ясная» — «Я», «жидкая» — «Ж» и т. д.

Однако такая запись неудобна, так как позже дети часто не могут вспомнить, что они обозначили этой буквой. Это же происходит и в случаях, когда для обозначения выбирается любой другой знак, не связанный по своей форме с обозначаемым (в отличие от символа). Это могут быть значки следующего вида:



Дети, испытывающие затруднения в символическом замещении, предлагают применять значки, которые уже встречались или использовались ими раньше. Однако характерно, что предложенные ими значки не всегда становятся орудиями, позволяющими вернуться от знака к обозначаемому, например:

*Учитель.* Какой у нас объект наблюдения?

*Алеша.* Комната.

*Учитель.* Как его обозначим?

*Алеша.* Так. (Рисует треугольник)

*Через две минуты.*

*Учитель.* Итак, какой у нас объект наблюдения?

*Алеша.* Треугольник.

Данного рода затруднения, которые можно условно назвать потерей реальности, испытывают обычно несколько человек в классе. Такие дети активно участвуют в работе класса при решении практической задачи, в обсуждении житейских вопросов, в подборе иллюстративных примеров по ассоциации, но оказываются «выпавшими» из работы класса уже на самых первых этапах решения теоретической задачи при необходимости абстрагировать некоторое отношение и зафиксировать его в простейшей модели. (Кстати, трудности этих

детей можно прогнозировать заранее, проводя психодиагностическое обследование по рисуночным методикам, особенно по методике «Пиктограммы»).

Трудности «простого» символического замещения объясняются, по-видимому, тем, что это действие вовсе не является простым. Во-первых, на самом деле реально всегда замещается не объект, а некоторое отношение в объекте. При этом часто непонятна природа связи между заместителем и замещающим. Можно, таким образом, сказать, что в основе «простого» символического замещения лежит развернутое сложное действие и, если оно не интегрировано, т. е. не окончательно присвоено ребенком, он испытывает характерные затруднения.

Сравним с символическим замещением действие функционального замещения предмета его игровым заместителем (Д.Б. Эльконин). Не любой предмет может замещать в игре лошадку, но палочка может. В силу чего? Она позволяет совершать с ней действия, аналогичные действиям с реальным предметом, т. е. на ней можно скакать. Что ребенок и делает, воспроизводя соответствующие движения. Благодаря этим движениям палочка может стать символической заменой лошади.

В наших примерах дети лишены действенной опоры символизма.

На протяжении начальной школы предметом схематизации являются отношения между реальными объектами и действия с ними. Открывая новые способы действий и фиксируя их в схемах в виде общих способов действий, ребенок производит обобщения в своих практических действиях. По мысли Л.С. Выготского, здесь происходит освобождение от «связанности зрительным полем» (в отличие от «освобождения от связанности числовым полем»; арифметика versus алгебра). Уже на первом году обучения большинство детей могут удерживать за символом невидимое, не данное натурально отношение между объектами или сторонами реальности.

Так, например, впервые обнаружив изменение как процесс, как смену состояний объекта, дети фиксируют отношение предыдущего и последующего состояний в виде стрелки, направленной от прошлого к будущему. Это обнаружение происходит тогда, когда дети пробуют встать на место тех, кто не видел происходившего на глазах у остальных. Но стрелка начинает «работать» в тот момент, когда ею обозначают действительно недоступные человеческому наблюдению процессы, например изменение рельефа местности на протяжении столетий или образование нового вида животных.

Подобного рода обобщения схватывают некоторый практический опыт ребенка, но для младшего школьника как раз характерно то, что «широта охвата» невелика. При освоении начального курса математики типична ситуация, когда при буквенном обозначении величины буква в формуле остается «буквой конкретной величины», а не местом, на котором может стоять любая величина, знак, любое нечто. Особенно важно подчеркнуть, что в отсутствие соответствующего обучения та же ситуация сохраняется у многих детей в средней и старшей школе, что зачастую приводит к почти непреодолимым трудностям в изучении алгебры.

Видимо, потому же у детей часто встречается смешивание символического изображения и картинки объекта, натуралистическое слипание видимого и мыслимого. Тогда символ, предложенный учителем, например, для изображения процесса роста, трактуется ими как изображение натурально существующего объекта, и сами они рисуют вместо замещающего символа или знака картинку (например, цветок).

После открытия на уроках естествознания того, что такое процесс, и фиксации с помощью учителя отношения между прошлым и настоящим (первым и вторым) состояниями объекта стрелкой в направлении от прошлого к настоящему дети выполняют ряд заданий по наблюдению разных процессов и фиксации их в символической форме, по чтению записей процессов.

Характерны следующие ошибки:

1) «потеря» стрелки. Дети фиксируют прошлое и настоящее состояния, обозначая их соответствующими символами, но не соединяют их линией и не показывают стрелкой направления. В этих случаях учителю приходится неоднократно обращать внимание детей на это таким образом: «Это два разных объекта?»

*Ученик.* Нет, один.

*Учитель.* А я думаю, что два.

*Ученик (соединяет их линией).* Один!

*Учитель.* Тогда непонятно, что было раньше, а что потом.

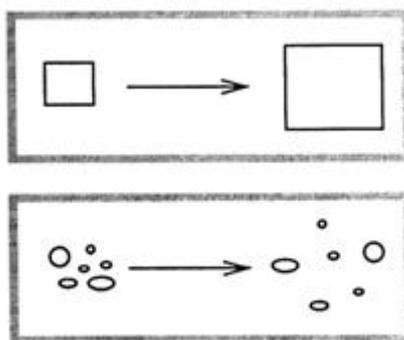
*Ребенок ставит стрелку, причем первоначально можно указать неправильное направление;*

2) ребенок самостоятельно использует стрелку при символической записи процесса, но «не читает» ее при расшифровке чужих записей, тогда появляется специфическое «прочтение» записи процесса как двух состояний;

3) потеря направления. В первых попытках работы с простыми записями процессов практически все дети проходят стадию, когда они не замечают обозначенного стрелкой направления и читают запись слева направо даже в случае, когда стрелка показывает противоположное направление. Это связано с необходимостью распределения внимания при решении задачи, требующей соотнесения двух планов действия.

Если задания подобраны так, что направления стрелок систематически варьируют, то дети вскоре начинают легко учитывать это обстоятельство.

Результатом шести — десятичасовой работы в классе является значительное улучшение способности детей абстрагировать отношение между первым и вторым (и последующими) состояниями объекта, а также умения «читать» достаточно абстрактные записи процессов. Контрольное обследование показывает, что большинство детей даже в отсутствие инструкции читают запись как запись процесса (детям предлагалось «угадать, какое слово хотел запомнить Ваня, нарисовавший такую картинку»), воспринимают такого рода схемы процессуально:



Интересно, что подобная работа не только меняет отношение детей к схематизации, но и влияет на восприятие мира. Детям показывали стеклянную раму с пересыпающимся цветным песком и просили рассказать, что они видели. В своих рассказах дети пользовались словами, подчеркивающими динамичный характер виденного, например: «Там что-то пересыпалось, образовывались горы...» В описаниях детей из контрольного класса преобладала статика: «Там был песок. Еще была вода. Я видел горы». (Подробнее о результатах этого исследования см. [6]).

Трудности «простого» замещения делятся еще много лет, поскольку замещать необходимо все более сложные объекты, имеющие свою структуру. Так, например, ученики III класса часто не могут справиться с определением фаз Луны, используя плоскостные схемы или да-

же движущиеся модели из конструктора, поскольку дополнительной операцией в структуре действия замещения является воссоздание объемной фигуры из плоской.

Педагогические действия, позволяющие организовать преодоление детьми такого рода затруднений, состоят в выстраивании рядов все более удаляющихся от реальности модельных средств. Так, определение фаз Луны может состояться на действующей модели из мячей и ламп (наиболее приближенной к замещаемой реальности), на «живых моделях» (вместо Солнца и планет движутся сами дети), на плоских моделях из детского конструктора и, наконец, на схемах, начерченных на бумаге (наиболее далекий от реальности вариант). Дети, в зависимости от силы своей способности к замещению, могут свободно или по просьбе учителя двигаться в любом направлении по ряду этих модельных средств.

Другая возможность состоит в обсуждении с детьми характера самих модельных средств.

Так, создавая с детьми на естествознании действующую модель родника, учитель целенаправленно делает это в условиях отсутствия естественных замещающих средств (песка и глины), заставляя детей искать другие средства и обсуждать их.

*Учитель.* Давайте вместо песка возьмем крупу.

*Ученик.* А вместо глины мед.

*Учитель.* Почему мед?

*Ученик.* Он тягучий, как глина.

*Учитель.* А если мы польем на него воду, он растворится. Мед нельзя.

*Ученик.* Тогда пластилин!

## **Соотнесение реального плана действий и плана действий с моделью**

Особенно интересным является вопрос о разрыве, который должен возникнуть при образовании двух планов действия — реального и модельного. Первоначально эти два плана детского действия склеены, слеплены, и отдельной задачей является их «растаскивание».

На уроках естествознания в конце первого года обучения детям предлагается составить план опыта с шишками (шишки будут раскрываться и закрываться в зависимости от изменения влажности воздуха). Чтобы не забыть последовательность шагов в простейшем экспериментировании, дети пользуются спичечными коробочками, на которых символами обозначены разные возможные условия опыта (повышение и понижение температуры, повышение и понижение влажности воздуха и др.). Вкладывая в две коробочки — «контрольную» и «экспериментальную» — листки бумаги с надписью «шишка», дети рассказывают друг другу о своем предположении и плане его проверки. Неожиданно для учителя раздается возглас: «Не открывай коробочку, а то не получится!» В этой реплике отчетливо проявляется склеенность, неразличение ребенком планов натурального и замещающего. Это планирование «на коробочках», организованное учителем, и поможет ребенку впервые обнаружить несовпадение двух планов: в реальности шишки закроются, попав в атмосферу повышенной влажности, а бумажка с надписью «шишка» в коробочке с надписью «влажность» не претерпит никаких изменений.

Момент оперативности схемы также должен закладываться сразу. С помощью разнообразных модельных средств дети могут изобразить нечто, но не работать дальше с этой моделью, преобразуя ее сообразно требованиям новых задач или просто исследуя ее возможности. Тогда чертежи и схемы становятся для детей не работающими моделями, а символами определенного типа задач.

## Жизнь реальная и жизнь «модельная»

Моделирование в науке предполагает, что действие в новом плане, сохраняя в себе исходное отношение натурального плана, обретает новые возможности, связанные прежде всего с особенностями материала, особенностями модельных средств. Для ребенка, уже различившего два разных плана действия, действия в модельном плане продолжают оставаться полными аналогами действий в плане реальности. «Законы жизни» модельного плана отождествляются с законами реального мира. Так, например, действуя на уроке математики в I классе с двумя совокупностями реальных предметов А и В, объединяя их, ребенок может перейти в знаковый план и совершить в нем «то же самое» действие объединения, записав: «АВ», тогда как работа в знаковом плане предполагает, что будет сделана запись  $A + B$ .

В более старших классах систематически и труднопреодолимо повторяется детское понимание частиц вещества как живых: «Иней образуется на стеклах из-за того, что снежинки из-за холода идут к теплу. В комнате тепло, и эти частицы приклеиваются к окну, и образуются узоры».

В связи с этим особой задачей при построении действия моделирования является удержание ребенка в позиции «между планами», когда он может действовать в каждом плане сообразно этому плану, удерживая саму задачу построения модели: отождествляя, не отождествлять.

Если ребенок не удерживает позиции «между планами», то он неизбежно скатывается в натурализм (при доминировании реально-чувственного плана действия) или в формализм (при доминировании модельного плана).

## «Разноязыкость» мира

В течение первых лет обучения дети вместе с учителем занимаются моделированием общих способов действий на нескольких учебных предметах (русский язык, математика, естествознание, изобразительное искусство). В силу разнообразия модельных средств, применяющихся для фиксации предметных связей и отношений, дети чаще всего незаметно для себя в той или иной степени осваивают разные языки моделирования. Больше всего эта ситуация напоминает ситуацию многоязычия в детском возрасте, когда ребенок от рождения общается с мамой, говорящей на одном языке, и папой, говорящим на другом. Так же как в жизни маленького ребенка наступает период, когда он испытывает серьезные затруднения, пытаясь разговаривать с папой о том, о чем он раньше говорил только с мамой, так и в жизни школьников при столкновении с ситуацией, требующей перевода с одного модельного языка на другой, или ситуацией сравнения содержаний, выстроенных в разных языках, наступают затруднения или непреодолимые барьеры.

Так, на четвертом году обучения в курсе математики дети выводят законы умножения, работая в двух модельных формах: с помощью числовых осей, переходя от одной мерки к другой, и с помощью стрелочных схем. В этой ситуации отчетливо обнаруживаются разные свойства этих языков и их разобщенность в сознании детей. С помощью числовых осей им работать трудно — сходный материал изучался несколько лет назад, и они совместными усилиями пытаются восстановить этот язык и решить задачу. Возможность решить эту задачу в другой модельной форме — стрелочных схем — сразу снимает прежнюю. Дети с легкостью выводят законы умножения, достраивая созданные на предыдущих уроках схемы. Перевод с одного модельного языка оказывается практически невозможным. Если обратить внимание на особенности этих модельных языков, то обнаруживается, что язык стрелочных схем более формализован и действенен, а язык числовой оси более сущностей и предметен и в этом смысле менее операционален. Таким образом, особенности модельных языков, которые определяют их выбор при решении задач организации обучения, сказываются на этапе работы детей по преобразованию моделей.

Особенно интересно складываются учебные ситуации, в которых для взрослых (учителей) очевиден перенос модельного средства, построенного в рамках одного учебного предмета, для решения задач из области другой предметной дисциплины. Так, например, на четвертом году обучения на уроках географии дети «вновь» решают задачу определения положения точки на плоскости (введение картографического метода). Это задача, давно решенная на уроках математики. Однако, к удивлению учителей, дети не видят внутреннего сходства задач. На географической задаче как бы не стоит метка, означающая, что она относится к тому же самому классу, что и задачи математические, уже решенные. Дети, не ощущая себя наделенными готовыми средствами решения, принимаются искать совершенно новые средства.

Таким образом, даже к концу пролонгированной начальной школы ситуация «многоязычия» является характерной при работе с модельными средствами.

### **Моделирование: центральное учебное действие и индивидуальная способность**

Для преодоления этих феноменов и построения полноценного детского действия конструируются специальные средства и способы учительской работы. Не описывая и не обсуждая их сейчас, констатируем, что если часть подобных феноменов детского поведения в обучении постепенно исчезает к концу начальной школы, то некоторые из них продолжают воспроизводиться с завидным постоянством. Прежде всего это трудности одновременного удерживания модельного и реального планов, перевода с одного модельного языка на другой, преобразования модели, т. е. движения «внутри» модели по законам ее жизни.

Иначе говоря, моделирование как учебное действие является центральным, поскольку без моделирования невозможно теоретическое мышление, но в то же время моделирование как индивидуальная способность детей не складывается к концу пролонгированной начальной школы, ни даже в старшей школе при отсутствии специально организованного обучения.

В работах, проведенных под руководством Н. Г. Салминой и Л. А. Венгера, показана принципиальная возможность формирования деятельности моделирования в лабораторных условиях у дошкольников и младших школьников [5], хотя указывается на некоторые трудности, сходные с перечисленными выше, которые возникают при формировании. В чем же тут проблема?

Главная сложность организации моделирования в учебной деятельности связана с тем, что предмет моделирования не случаен. Мы имеем дело с теоретическим обобщением и необходимостью представить в модели способы «схватывания», понимания существенных отношений предмета. Именно поэтому сам предмет становится детерминантой способа представления преобразующих действий с ним в модели. Для этого пригодны не любые модельные формы, часто они просто не существуют до того, как оказываются изобретенными при конструировании курса или даже непосредственно на уроке. Г. П. Щедровицкий пишет: «У человечества нет еще подходящих структур для синтеза выявленных эмпирических знаний о единичных явлениях или, другими словами, — *общих форм знаний* (курсив наш. — С. Г., Е. Ч.), соответствующих «природе» рассматриваемого объекта, что эти формы нужно искать и конструировать».

Средства и процедуры такого конструирования исследовались до сих пор очень мало, и сейчас мы можем описывать в основном лишь его результаты или продукты, промежуточные или конечные» [7, с. 163].

Усугубляет это и тот факт, что чем более сложен предмет моделирования, тем труднее организовать деятельность.

По всей видимости, именно эти особенности моделирования в учебной деятельности (в системе Д.Б. Эльконина — В.В. Давыдова) и позволяют организовать отчетливую рефлексию модельных средств в начальной школе (даже в ее пролонгированном варианте) и поставить задачи построения новых процессов деятельности с использованием этих средств, т. е. построить моделирование как индивидуальную способность детей.

Отсутствие четкого понимания вопроса о конструировании общих форм знаний, соответствующих природе рассматриваемых объектов, привело к тому, что на сегодняшний день в описании хода многолетнего обучающего эксперимента и современной практики системы Д.Б. Эльконина — В.В. Давыдова не зафиксировано значения знаковых превращений в разных предметных дисциплинах и при переходах от одного учебного предмета к другому. Как было показано ранее, весь ряд возможных форм моделей присутствует, но они не проанализированы и не представлены в разработках для учителей.

Таким образом, моделирование как индивидуальная способность детей существует в рамках пролонгированной начальной школы в широчайшем диапазоне сформированности. Возрастная вершина пролонгированной начальной школы в плане моделирования представляет собой совместное преобразование совместно выстроенной схемы общего способа действия для решения новых задач, постановку классом новых учебных задач «от схемы» и «внутри» нее, отдельные моменты обсуждения разных модельных средств и языков моделирования. Специальная оговорка состоит в том, что некоторые дети эпизодически оказываются способны на более сложные действия, что, конечно, нельзя рассматривать как возрастные достижения.

## Моделирование за пределами начальной школы. Модель и понятие

*Я вдруг понял, что в языке или хотя бы в духе Игры все имеет значение всеобщее, что каждый символ и каждая комбинация символов ведут не туда-то или туда-то, не к отдельным примерам, экспериментам и доказательствам, а к центру, к тайне и нутру мира...*

Г. Гессе

Если все то, о чем шла речь выше, относится к уже сделанному в теории учебной деятельности, хотя и там больше непонятого и нерешенного, чем изведенного и осмысленного, то следующая часть статьи посвящена изложению гипотезы о функциях моделирования в средней школе и формулированию требований к построению учебных предметов, продолжающих развитие учебной деятельности за пределами начальной школы. Такие предметы уже начали строиться, и размышления по поводу их конструирования очень нужны сейчас.

Суть моделирования в начальной школе заключалась в создании моделей, фиксирующих случившееся понимание. При этом понимание обнаруживалось в действиях преобразования реальных предметов и, соответственно, в моделях фиксировались способы предметных действий. Иными словами, в учебном действии преобразования происходил поиск в исследуемом предмете исходного отношения, связи, простейшего момента движения, который затем завершался в моделировании. Без построения идеализированного объекта такой анализ не мог бы существовать как оформившийся процесс.

Таким образом, особенность уже построенных предметов начальной школы в системе Д.Б. Эльконина — В.В. Давыдова состоит в том, что в них открываются и осваиваются средства практических человеческих действий (измерение, получение) с искусственными вещами (знаками, символами). Поэтому первое учебное действие — анализ предмета, это то же самое, что анализ способов человеческих действий с ним.

В начальной школе строятся понятия особого типа, в некотором смысле они — очищенные, специальные. В них способ построения вещи равен способу ее понимания, поскольку строится средство человеческого практического действия. Поэтому движение «от предмета» к схеме и движение от схемы к предмету равносильны.

В дисциплинах средней школы (говоря о дисциплинах средней школы, мы имеем в виду возникающий в средней школе иной тип учебного предмета) предмет рассмотрения (изучения) существует до и независимо от человеческих действий с ним. Сами дисциплины (в первую очередь группа естественных наук) возникают так же, как это происходило в истории. Результат практического действия не совпадает с его целью, поскольку предмет преобразующего практического действия не является искусственным, созданным человеком. Расхождение между целью (замыслом) и результатом обращает внимание человека на живущий своей жизнью предмет. Основной смысл познания, точка приложения мысленных сил перемещается со способов человеческих действий на способы существования и эволюции предметов. Способы видения (как способы человеческого действия и в то же время в отличие от них) становятся не самоцелью, а ограничителями познания. Предмет раздваивается. С одной стороны, он единственно возможен как продолжение и упор человеческого действия, а с другой — он должен быть рассмотрен как независимо существующий. Как пишет Г. П. Щедровицкий, «решающим является переворот в способе их (объектов — прим. авт.) видения. Хотя для человека-практика изменения объектов происходят всегда в деятельности и являются ее продуктами, он должен взглянуть теперь на них как на естественные процессы, происходящие независимо от его деятельности и подчиняющиеся своим внутренним механизмам и внутренним законам» [7, с. 56].

В связи с изменением характера понятий, усваиваемых в средней школе, по сравнению с начальной изменяется способ постановки и решения учебных задач. В начальной школе идеализированный объект (в УД) возникал путем анализа и фиксации человеческих преобразующих действий. Таким образом, первичной реальностью оказывались преобразующие объект действия субъекта. В средней школе субъект вначале должен создать (выстроить) идеализированный объект, «положить» его, решая субъектно (в терминах моих действий) «задачу» самого объекта, как ее «решил бы» сам объект. Действие построения и переконструирования модели, «предположенной», положенной до рассмотрения реального объекта, эквивалентно анализу, завершающемуся в фиксации отношения, в начальной школе. Оно также заканчивается фиксацией в знаково-символической схеме (формуле, высказывании и др.) некоторых отношений в объекте.

Первая функция такой модели — объективация, вынос «вовне», преобразующего действия субъекта, решающего «объектную задачу» (а не свою собственную).

Итак, первое учебное действие в учебной задаче средней школы — порождение идеализированного объекта, а именно особой модели, т. е. такого идеализированного объекта, который доступен видимому преобразованию. Вместе с тем такая модель для учебных предметов является натурализацией предметной стороны строящегося понятия. «Идеальные объекты науки образуют особую «действительность», которая существует наряду с единичными эмпирическими объектами и внутри предметов изучения является ничуть не меньшей реальностью, чем они» [7, с. 59]. Однако «идеализированный объект, составляющий мысленную сторону реального предмета опыта, вместе с тем является предметной, наглядной стороной теоретического понятия» [1].

Таким образом, создание модели в средней школе есть создание такого мысленного предмета в натуре, который потом должен стать «понятийными очками» рассмотрения конкретных явлений, вещей. При этом способ построения относится к мысленно конструируемому предмету, а способ понимания «опрокидывается» на другую, реально и независимо от человека существующую, вещь. Объект в этом случае сопротивляется пониманию (что в рамках начальной школы случалось эпизодически). Сопротивление возникает как со сторо-

ны объекта, обнаруживающего свою избыточность при вычерпывании его понятием, так и со стороны модели, конкретная материальность которой систематически мешает идеализации. Это «симметричное» сопротивление позволяет денатурировать предмет учебной работы, удерживать его как построенный, а не данный натурально. Итак, создание модели есть создание одного натурального объекта в целях денатурализации другого, и это вторая его функция.

Наконец, о третьей функции такой модели. У идеальных объектов есть две стороны: знаково-символическая и геометрически-визуализированная.

Первая есть то, что удерживает, стабилизирует понятие, вторая — то, что определяет его текучесть, изменчивость.

Так, например, многие ученые, рассказывающие о ходе своих открытий, подчеркивают роль именно визуальных образов. Скажем, Д. И. Менделеев смог открыть периодический закон, найдя «геометрическую» форму преобразования своего понимания — пасьянс из карточек [2]. Вместе с тем фиксация схваченного в мысли чаще всего происходит в виде формул и схем. Кстати, отсюда и практически неизбежный формализм в усвоении знаний в старшей школе, ведь в учебный предмет перекачиваются именно сухие остатки деятельности ученых — то, в чем зафиксировано «ставшее» понятие, а не его изменчивая сторона.

Модель, которая строится в учебных предметах естественнонаучного цикла средней школы, — это как раз та геометрически визуализированная, а кроме того, овеществленная форма, которая позволяет наиболее полно задать процесс изменения, становления понятия. В отличие от визуализаций ученых, модель не просто образ воображения, скрытый от других людей, но овеществленная форма, позволяющая максимально развернуть процесс построения, повторить без повторения путь возникновения научного понятия.

Что есть та задача, действие, реальность, относительно которой сам переход знаковых средств оказывается конструктивным, а не тривиальным? Выделение модели в качестве особой идеальной действительности служит для организации действия преобразования на новом его уровне, для организации опробования и достраивания своего понимания, при этом другие знаково-символические формы существуют как формы схватывания этих действий, формы знания об исследуемом объекте.

Таково наше предварительное понимание функций моделирования в учебных предметах средней школы. Удастся ли выстроить такие учебные предметы? Оправдают ли они надежды на развивающий эффект в мышлении и сознании подростков? Время покажет.

## Литература

1. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента. М., 1976.
2. Кедров Б. М. Микроанатомия великого открытия. М., 1970.
3. Лосев А. Ф. Введение в общую теорию языковых моделей. М., 1968.
4. Репкин В. В. Развивающее обучение. Теория и практика. Томск, 1997.
5. Салмина Н. Г. Знак и символ в обучении. М., 1988.
6. Чудинова Е. В. Работа с гипотезами детей в системе Д.Б. Эльконина — В.В. Давыдова // Вопросы психологии. 1998. № 5.
7. Щедровицкий Г. П. Система педагогических исследований (методологический анализ) // Педагогика и логика. М., 1993.