

Учебная модель как единица обучения и «зерно» развития

Е. В. Чудинова

кандидат психологических наук, старший научный сотрудник Психологического института РАО

В. Е. Зайцева

учитель биологии МОУ гимназии № 1567

В статье обсуждается проблема выделения «шага» обучения, приводящего к акту развития. Формирующий эксперимент, проведенный на материале учебного предмета «биология», позволяет обосновать гипотезу о «зерне» развития, возникающем в ходе работы учеников по построению и преобразованию учебной модели. Подробно описывается характер деятельности класса по построению и освоению такой управляющей модели; анализируются детские работы, в которых проявляется сложившееся понимание, используются оперативные возможности построенной модели. Выявляются свойства учебной модели, необходимые для того, чтобы на полюсе индивидуального субъекта образовалось саморазвивающееся «зерно», преобразующее опыт человека и позволяющее ему расценивать новую ситуацию как ситуацию действия, для осуществления которого у него есть собственный ресурс.

Ключевые слова: образование, развитие, формирующий эксперимент, учебная деятельность, моделирование, управляющая модель, функционально-смысловое поле, понятие, самостоятельность, намерение.

Можно ли выделить единицу обучения? Формально это сделать очень легко. Учебный год, четверть, урок — всё это единицы, естественным (натуральным) образом вычленившиеся в процессе обучения. Но какова содержательная единица обучения — тот его фрагмент, который необходим и достаточен для совершения шага в развитии? Понятно, что для его выделения мало задать пространственно-временные границы, точнее, даже не нужно, так как они могут быть чрезвычайно разнообразными для разных предметов, учеников, условий.

Завершенность любого акта обучения — это самостоятельное и осмысленное действие обучаемого, опирающееся на собственные ресурсы, «чувствительное» к изменению условий и гибко подстраивающееся под эти изменения. Это вполне общее определение оборачивается разными сторонами в случаях разной направленности обучения. Если результатом обучения должен быть «совершенный автомат», т. е. человек, владеющий некоторой совокупностью операций, которые по тем или иным причинам не должна или не может исполнить машина, то освоенный человеком фрагмент разделенной деятельности должен обладать всеми характеристиками исполнительского действия. Он должен быть в нужных границах точным, автоматизированным, скоростным и т. д., опираться на заданную систему ориентиров и гибко меняться в зависимости от тех или иных «предсказанных» изменений системы ориентиров. Доведение подобного обучения до конца — получение совершенного, но машинообразного функционального органа, скорее всего, сопровождается, как любое «окаменение», потерей возможностей развития.

Для человека, управляющего сложными или развивающимися системами (сложными техническими объектами, группами людей и пр.), а также для человека, разрабатывающего такие системы, овладение некоторым фрагментом деятельности на уровне его «совершенного» исполнения, с одной стороны, чрезмерно, а с другой — недостаточно.

Понятно, что завершение обучения, имеющего целью образование человека, управляющего или разрабатывающего сложные системы, наступает, когда становится возможным самостоятельное и осмысленное действие обучаемого в широких границах (в пределе — в границах мировых ресурсов). Б. Д. Эльконин называет такое действие «пробно-продуктивным действием». Результаты и продукты такого действия относятся одновременно и к достижениям в реальности, и к испытанию композиции образа реальности (т. е. к мысли о реальности).

Симптоматика подобного действия — решение новой для человека задачи с преобразованием имеющегося способа действия (иными словами, полный, обобщенный и далекий перенос усвоенного ранее), осмысленное прощупывание задачи, острый вкус случившегося понимания и, как правило, способность объяснить найденное решение. Все это указывает на существование осознаваемых действующим субъектом принятых, воссозданных и освоенных им средства, способа, понятия.

При этом, в общем-то, неважно, в какой мере это средство, способ, понятие охватило и преобразовало собственный опыт субъекта, т. е. на каком этапе образования находится субъективное «функционально-смысловое поле», горизонт которого задан ини-

циативным опробованием этого понятия (П. Г. Нежнов), или насколько денатурализовано, преобразовано житейское видение всей предметной области. «Функционально-смысловое поле», по П. Г. Нежнову, — способ существования индивидуальной компетентности, функциональный орган, задающий «из индивида» горизонт его инициативного действия [1]. В каком пространстве происходит образование этого поля? Пространство обучения выделено из пространства жизни и определенным образом помечено. Может ли, и если может, то в какой степени, это пространство претендовать на то, чтобы быть местом достраивания функционально-смыслового поля (поля намерений)? Пока существует гипотеза, что это возможно только в особых формах учения (мастерские, лаборатории и пр.) в нормально организованной подростковой школе или в кружковой работе в традиционной подростковой школе [6]. Может ли и **должно ли** пространство обучения быть задано так, чтобы обладать необходимой полнотой, многообразной полнотой действия и взаимодействия живущего человека, той полнотой, в которой происходит образование, укрепление и реализация его намерений?

Мы полагаем, что достаточным шагом обучения в отношении возможностей развития является образование «самопрорастающего» зерна будущей компетентности, которое, будучи по своей природе интерпсихическим, «оседает» на индивидуальном субъекте действия.

Для дальнейшего саморазвития достаточно, если действующий субъект может расценить некую новую ситуацию как ситуацию его действия, для осуществления которого у него есть преобразуемый собственный ресурс и возможности обращения к недостающим источникам информации. Такой результат обучения фиксирует начало соответствующего шага развития: появление того «зерна», которое прорастет всходами и постепенно, в меру активности действующего в данном поле субъекта, преобразует его опыт.

Для достижения такого результата важно не только укрепление складывающейся функциональной системы, но одновременно ее раз-оформление. «Возникновение новообразований есть одновременно разрушение, оно должно быть построено как *расшатывание*», — пишет Д. Б. Эльконин [5, с. 2]. Только в этом случае будет достигнут баланс продуктивности и «пробности» (чувствительности) действия. Поэтому вопрос о шаге обучения, приводящем к шагу в развитии, может быть поставлен и так: когда следует **прекратить** обучение, чтобы шаг в развитии мог быть сделан (произошел)?

По нашему предположению, **начало построения и окончание уяснения** учебной модели (носителя спосо-

ба действия, понятия) задает границы содержательной единицы обучения в ее временной развертке. В обучении подростков речь идет о так называемой «управляющей модели»*. При этом возникает множество дополнительных уточняющих вопросов. Какими свойствами должна обладать такая модель, в отличие от простого схематизма? Какой должна быть учебная деятельность класса по построению и освоению такой модели? Какова мера инициативы в ее построении и мера полноты ее уяснения индивидуальным субъектом действия? На эти вопросы нельзя получить даже первоначального ответа, не обращаясь к реалиям обучения и учения. Поэтому для построения осмысленных гипотез мы развернули экспериментальное обучение, и сейчас максимально подробно рассмотрим один его фрагмент. На примере обучения биологии учеников VII класса мы будем рассматривать форму и функции учебной модели, условия ее построения и использования, превращение ее в ресурс ученического действия.

Моделирование в курсе обучения, построенном на принципах системы Д. Б. Эльконина—В. В. Давыдова, не является просто приемом. Оно необходимая форма обучения. Модель позволяет выделить и удержать те общие основания, опора на которые дает возможность действовать в многообразных частных реальных ситуациях. Без моделирования нельзя достичь понимания изучаемой области явлений, а по меткому выражению Гёте, «чего вы не понимаете, то не принадлежит вам».

В нашем случае в модели должны были быть отображены те общие свойства организма растения, такие связи его строения и функций, которые могли бы стать основанием понимания многообразия конкретных растений. Первоначально необходимо было выстроить схему, отображающую связи основных вегетативных функций организма растения (в отличие от организма животного). Затем — в модельных конструкциях разного масштаба (клеточный, «органный», организменный уровни) отобразить общий план строения растения**, реализующего эти функции. И наконец, на этой основе можно было построить управляющую модель, связывающую условия существования, особенности строения и функционирования растения.

Экспериментальное обучение происходило в двух седьмых классах школы № 91 г. Москвы в 2007—2008 учебном году на уроках биологии (2 часа в неделю)***. Целью примерно четырехмесячного фрагмента обучения (30 учебных часов) было преобразование натурального житейского отношения учеников к растению в понимание растения как целостного и особенного организма, решающего собственные задачи в среде.

* «...управляющая модель должна стать основным дидактическим средством в формировании теоретического мышления подростка. Материалом, на котором будут фиксироваться (как на своеобразном экране) преобразования строения объекта, то есть тем языком, на котором будут оформлены результаты управляющих действий, должна стать отображающая модель (или система таких моделей), выполненная в том или ином масштабе.

Управляющей мы называем модель, работа с которой управляет процессами изменений (преобразований, движений, становлений) объектов, то есть модель, на которой задается и выстраивается возможная динамика объектов (и ее границы), а не отображаются отношения характеристик объекта или ситуации, взятых "вещно" и статично. **Переход от обобщенного отражения объектов к опробованию границ управления их "поведением"** — **главное преобразование способа действия в основной школе РО**» [4, с. 13].

** В связи с ограниченными временными возможностями эта работа проводилась на материале цветковых растений.

*** См. подробнее [2].

В течение первых трех месяцев закладывались основания для построения управляющей модели. Вот главные шаги, которые были сделаны в этом направлении.



1. **Проблематизация: является ли растение живым существом, организмом?** Ученикам было предложено сформулировать определение живого организма (на материале работы в шестом классе преимущественно с организмом

животного), а затем рассмотреть растение, взятое с подоконника, как живой организм. В ходе работы в группах ученики сформулировали, что им известно о растениях как о живых существах, и составили список вопросов о растении, на которые они пока не знают ответа.

Вот несколько вопросов из этого списка:

- Как растение осуществляет выброс непереваренных остатков?
- Почему растение «выдыхает» кислород? Чтобы мы не задохнулись?
- Где у растения кровь и есть ли она?
- Почему растение живет сорванным?
- Какие органы у растения?
- Как растение дышит?
- Как растения плодятся?
- Смолистый сок — это выделение?
- Есть ли клетки? Как они выглядят?

2. Построение схемы связи функций организма растения.

Детям было дано описание хода и результатов четырех широко известных опытов с растениями (опыты Ван Гельмонта, Пристли, Шееле, Т. Соссюра) и предложено проанализировать эти опыты и восстановить по результатам опытов характер связи функций растительного организма в отличие от организма животного. Интрига этой работы, напоминающей по своему характеру расследование, состояла в том, что по результатам опытов можно было установить только противоречивые, на первый взгляд, факты о том, что в растение «входит», а что из него «выходит». Растение при этом было реальным «черным ящиком», о специфике работы которого можно было только строить предположения. Тем не менее последовательный разбор фактов устанавливал, что противоречие было кажущимся и появлялась зримая возможность выстроить логичную гипотезу.

Что и каким образом было сделано учениками?

Сначала ученики отразили на схеме результаты опытов с растениями, о которых они узнали, прочи-

тав тексты. Это отображение изучаемого — отображение в виде элементов и их соотношений — предполагает определенные, культурно заданные правила, использовать которые по мере движения в содержании помогает детям учитель.

Учитель нарисовал на доске круг, сказав: «Пусть это будет растение. Вы должны показать, что попадает в растение, что из него выходит, а потом понять, как это связано». Подобная работа делалась год назад в течение шестнадцати часов в совместной работе класса с учителем (ученики разбирались в том, что такое дыхание, питание, газообмен и выделение животного и как они связаны между собой).

Дети начертили круг на своем листе бумаги и, анализируя результаты опытов, смогли показать стрелками, что в растение попадают углекислый газ, небольшое количество солей (которые они назвали «полезными веществами»), узнав о том, что в результате сжигания растения остается совсем немного несгораемых веществ в виде золы*), солнечный свет, вода. Аналогично они показали, какие вещества уходят из растения. После этого нужно было понять, как все это связано. Результатом размышления и обсуждения проблемы в группе стало обнаружение того, что растения, как и животные, получают энергию из крахмала при его окислении (процесс дыхания), а вот сам крахмал каким-то образом получается из углекислого газа и воды с использованием солнечных лучей в «каком-то процессе (типа дыхания?)». Здесь представлена схема, получившаяся в результате работы одной из групп.



Схема 1. Функционирование организма растения

Ученики, сдав работу, подошли к учителю со словами: «Мы нарисовали, но этого же не может быть! Получается, что растения сами делают органические вещества! Этого не может быть».

Полученная первоначальная схематизация представляет собой движение к выделению единиц описания изучаемого объекта — растения**. В дан-

* Химия начала изучаться (с начала VI класса) на факультативе. Ученики имели представление о химических элементах и некоторых химических реакциях, но еще не умели записывать формулы веществ (кроме знакомых обозначений кислорода, углекислого газа, воды).

** Вообще объект изучения в естественных науках организован трехслойно. Первый слой — это сам объект или явление в его наличности, в данном случае это живые растения и их части, фото- и видеоизображения растений, клетки растений под микроскопом. Второй слой — единицы описания объекта, явления, превращения, которые не открыты взору наблюдателя, а предполагают продвижение «вглубь» объекта изучения. Наконец, третий слой связан с функциональными соотношениями единиц описания, которые могут служить способом объяснения поведения изучаемого объекта [5].

ном случае такими единицами являются обнаруженные при анализе экспериментов функции организма растения: функция дыхания, газообмена, фотосинтеза.

Далее в совместной работе класса первоначальные детские схемы были преобразованы в схему **связи** функций организма растения. Схема показывает, какие «виды работ» осуществляет растение и как они связаны между собой («что для чего нужно»).

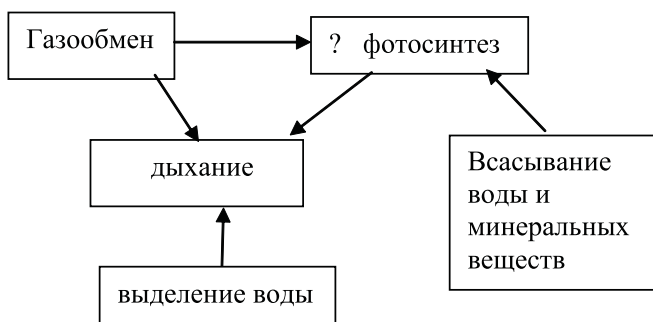


Фото 1. Опыт по получению кислорода на свету, доказывающий существование открытого учениками фотосинтеза

Таким образом, фотосинтез как особая функция растительного организма был открыт учениками в ходе выполнения этой работы и ее последующего обсуждения (учитель дал этому открытию имя). Затем дети сравнили фотосинтез с функцией питания животных, определили связь функций растения и задали вопросы о том, какие части растения выполняют какие функции.

3. Изучение макро- и микроскопического строения растений по реальным объектам, рисункам и описаниям, конструирование организма растения

Под руководством учителя дети планировали и проводили опыты, по результатам которых можно было сделать выводы о работе разных частей растения. По мере своего продвижения в понимании функций отдельных частей растения ученики рассматривали строение этих органов растения (иногда — в форме конструирования с последующим обсуждением, иногда — в форме лабораторной работы с последующим обсуждением, иногда — в форме беседы или чтения и анализа информационного текста).



Фото 2. Опыт, доказывающий производство крахмала растениями на свету



Фото 3. Изучение строения растений



Фото 4. Результат конструирования клеточного строения листа. Учитель подписал, как называются ткани, наличие и местоположение которых дети предугадали

3. Построение управляющей модели и работа с ней

Дальнейшее изложение — более детальный рассказ о трех занятиях (по два урока).

Если смотреть на обучение со стороны моделирования, то это рассказ о построении и работе управляющей модели, о переходе от второго, «описательного» слоя, к третьему, «объяснительному».

Третий слой связан с такими функциональными соотношениями единиц описания, которые могут служить способом объяснения поведения изучаемого объекта, взятого в первом слое. Второй слой является необходимым посредником между первым и третьим, так как без специального полагания единиц описания, которые на самом явлении «не написаны», явление в его непосредственности объяснено быть не может.

Управляющая модель должна связывать трансформации «внутренних» единиц объекта, которые

могут привести или не привести к изменению его внешней картины. Итогом этих пробных трансформаций является заключение об условиях сохранения и преобразования объекта, обнаружение закономерных условий его существования. Эти условия и есть существенные характеристики изучаемого объекта [4; 6].

Как было организовано движение к третьему слою, работа по построению управляющей модели? Нормально организованная учебная деятельность всегда имеет две стороны. Одна сторона — построение способа действия, другая — различение и осмысление предмета действия.

В начальной школе совместность активности акцентирована на построении способа действия, в обучении подростка акцент совместности часто перемещается на различение, осмысление (построение) предмета деятельности, но в любом случае двусторонность процесса в той или иной степени всегда проявлена.

После изучения всех вегетативных органов растения ученикам была предложена работа в парах по построению итоговых схем, фиксирующих связи между особенностями строения какого-либо органа растения и выполняемыми им функциями.

Ученикам дали заготовку для схемы 2, в левой части которой были перечислены возможные особенности строения корня (аналогичные заготовки были сделаны для листа и стебля), а в правой части — перечислены основные функции корня. При этом ученики должны были определить, как, например, увеличение (стрелка вверх) числа, густоты и длины корневых волосков скажется на всасывании и опоре: улучшится (стрелка вверх) или ухудшится (стрелка вниз) выполнение этих функций корнем.



Развитие механической ткани

Схема 2. Пример заготовки схемы для парной работы

Любой честный формирующий эксперимент — не одноразовое действие. Не одноразовое в том смысле, что никогда с первого раза не удастся произвести полноценное формирование с чистым и полным, удовлетворяющим экспериментатора эффектом (если планируется не очень локальный эффект). Всегда происходит дополнительный эмпирический поиск условий, способов предъявления задач, способов задания ориентиров будущего действия и т. д. Понятно, что экспериментатором исходно задается не вся полнота условий формирования.

В нашем обучении был момент, который возник благодаря интуиции учителя, ощутившего трудность мысленного удержания детьми связи между процессами. Ведь стрелочки в схеме обозначают не число, не значение, не признак, а именно процесс, движение, характер которого нужно поставить в связь с характером другого процесса. В одном случае это будет прямая пропорциональность, а в другом — обратная. Но, в отличие от физической или математической учебной модели, в этой биологической схеме нужно удержать сразу множество подобных связей, иначе она не имеет смысла. Весь ее смысл — в обилии этих связей и в их взаимодополнительности или, наоборот, противоречивости. Так, в обучении физике формула рычага удерживает три взаимосвязанных величины, связь между которыми выявляется, а затем применяется для решения множества задач, т. е. имеет для учеников не только качественный, но и количественный характер. Наша схема предполагает установление отношений между **множественными** связями такого типа, как та, что удерживается формулой рычага. Поэтому «количественность» каждой такой связи скомкана, свернута. Но ее тем не менее нужно обнаружить и мысленно удерживать, работая со всеми этими связями.

Учитель, ощутив эту трудность, предложил детям прием, который позволял придать сложной совокупности мысленных действий зримо-действенный вид. Движением левой руки вверх или вниз можно было показать характер изображаемого первого процесса (увеличение — вверх, уменьшение — вниз). То есть, например, увеличение длины корневых волосков показывало плавное движение левой руки вверх. Это позволяло ученикам представить характер рассматриваемого изменения структуры и начать движение правой рукой — вверх или вниз, которое должно было отражать характер изменения интенсивности рассматриваемой функции. К примеру, плавное поднятие правой руки вверх вслед за левой отображало усиление всасывания корнем в связи с увеличением длины корневых волосков*.

Эта учительская находка сработала, и ученики легко, сначала в парной работе, а затем в общеклассном обсуждении, составили три итоговые схемы — для корня, листа и стебля (схема 3).

* Модель в принципе должна быть насыщена «движением» (пройти, перейти, преобразовать). Стрелки на схеме подчеркивают ее оперативный характер. Жестовое сопровождение, с одной стороны, усиливает «внутренне-двигательный» характер модели, с другой, вероятно, способствует ее свертыванию, компактизации (ср., например, с размышлениями об оперативности схемы, высказанными Л. Ф. Обуховой [3]).

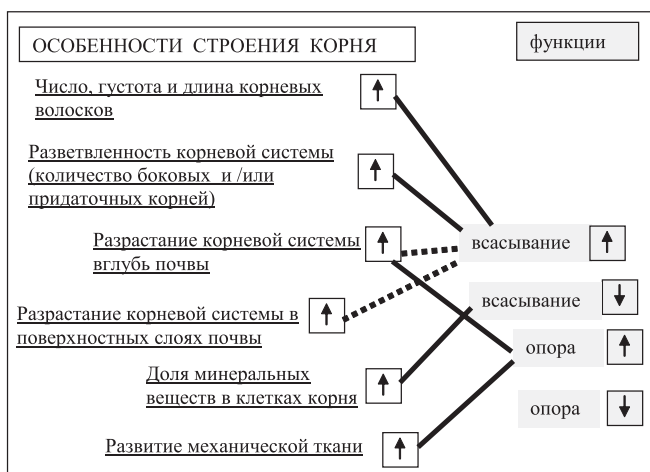


Схема 3. Результат работы класса (одна из трех итоговых схем)

Схема прочитывается следующим образом:

Число, густота и длина корневых волосков ↑ — всасывание ↑

«Увеличение числа, густоты и длины корневых волосков увеличивает всасывание воды корнем».

Пунктирная линия означает, что не при всех условиях эта особенность строения сказывается на функционировании (такое добавление было предложено учениками).

На следующем занятии ученики, работая группами, разрабатывали конструкцию растения, наиболее приспособленного для жизни в определенных условиях.

Они получили следующее задание:

Ваша задача — сконструировать растение для жизни в условиях, описанных ниже. Вы должны изобразить внешний облик растения, какие-то детали его внутреннего строения, если это окажется важным, и описать его жизнь (т. е. осуществление им жизненных функций) в течение суток и в течение года.

Условия:

- погода круглый год солнечная, пасмурных дней в году не больше 30;
- осадков выпадает мало, не более 150–200 мм в год (для сравнения — на Земле во многих местах выпадает 600–800, 2000–3000 и даже более 10 000 мм осадков в год);
- дожди бывают только 1–2 месяца в году (февраль и март);
- среднегодовая температура воздуха +18 градусов;
- с мая по октябрь днем температура воздуха до +40–50 градусов, ночью — +7–12 градусов, поэтому к утру выпадает роса;
- с ноября по апрель днем до +20–25, ночью — +1–7 градусов;
- влажность воздуха очень низкая, сильные и частые ветры;
- почва сухая, на некоторых участках на глубине 10–12 метров есть слои глины, на других участках почва песчаная на всю глубину.

Какие факторы внешней среды имеются в достатке или избытке? Какие — в недостатке? Подумайте, каким должно быть растение, чтобы успешно

жить в этих условиях, т. е. быть к ним ПРИСПОСОБЛЕННЫМ. Какие особенности должны быть у его корневой системы? У стебля? У листа? Каким должно быть растение по продолжительности жизни (однолетним, двулетним, многолетним)? Как оно может выглядеть? Попробуйте нарисовать спроектированное вами растение.

К следующему занятию детские проекты были проанализированы учителем, который установил принципиальное сходство придуманных учениками конструкций растений с некоторыми реально существующими растениями. Поэтому обсуждение проектов происходило следующим образом: группа вывешивала подготовленные материалы (рисунки придуманного растения — изображения внешнего и внутреннего строения), ученики высказывали свои идеи, сообразуясь с таблицей, начерченной на доске (таблица). Другие дети слушали, задавали уточняющие вопросы, помогали докладчикам перевести подготовленное сообщение на язык таблицы, записывали результат анализа в тетради.

Таблица

Задачи данного растения в данной среде	Способы решения задач

Затем учитель предлагал информационный материал о сходном реально существующем растении (в виде фрагмента фильма, фотоизображений, микроскопических фотографий срезов частей растения, рисунков и пр.). Дети обнаруживали принципиальное единство плана строения этого растения и растения, спроектированного группой, а также находили и осмысливали те особенности реального растения, которые не совпадали с вымышленными или же вообще отсутствовали у разработчиков.

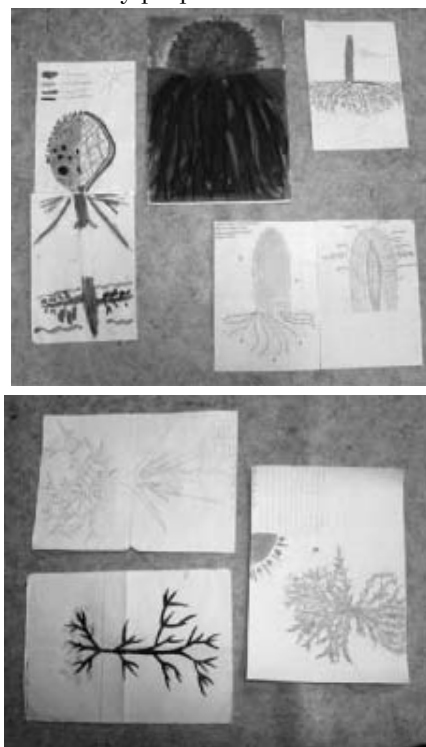


Фото 5 и 6. Изображения внешнего вида, разреза, клеточного строения растений, придуманных детьми

Таким образом, работа класса (действия детей) состояла в систематических переходах между разными знаковыми формами (таблица, стрелочная схема, схематические рисунки разного типа) и первым словом представления естественнонаучного объекта (фото- и видеоизображений, микроскопических фотографий срезов частей растения, рисунков).

В результате общего обсуждения подготовленных проектов дети обнаружили, что **любые** растения в предложенных условиях должны решать такие задачи, как

добыча воды (максимально возможного количества);

удержание, сохранение воды;

защита от перегрева;

защита от поедания животными запасов влаги и органических веществ, сделанных растением;

сохранение хорошего уровня фотосинтеза.

При этом ученикам открылось, что способы решения одних задач могут противоречить эффективности решения других задач. Так, например, если решить задачу удержания воды способом уменьшения испарения (уменьшить площадь листьев, количество устьиц, покрыть лист толстой кутикулой), то защититься от перегрева способом охлаждения через испарение уже невозможно. Также сразу ухудшится всасывание воды корнем (не работает «верхний концевой двигатель» — испарение воды листом).

5. В конце этого занятия ученики выполнили индивидуальную проверочную работу. «Литопс и его жизнь в условиях пустыни» (см. фото 7 и 8). Задание было следующим:



Фото 7. Литопсы среди камней (вид сверху)



Фото 8. Разрез литопса

«Литопс — растение каменистых пустынь. Он и сам похож на камень. И название его происходит от этого слова. Только верхняя часть литопса (точнее, двух его листьев) поднимается над землей.»

Листья покрыты толстой кутикулой. Середина листа — из прозрачных водянистых клеток. Нижняя их часть — из зеленых клеток. Корневая система мочковатая, расположена в поверхностных слоях. Почка (зачатки новых листьев и цветков) находится между двумя листьями.

Опишите способы решения литопсом своих задач и найдите противоречия в способах решения».

Большинство учеников смогли содержательно проанализировать строение литопса и соотнести его строение со способами решения задач любого растения пустыни, хотя во многих работах этот анализ был неполным, т. е. ухватывалось только одно или два противоречия, было найдено два-три способа решения разных задач. Вот несколько цитат из детских работ*:

В. К. «Уменьшение испарения за счет формы»

Г. П. «Так как большая поверхность литопса в земле, устойчивость увеличивается»

Г. С. «Литопсы располагаются на уровне с поверхностью, что позволяет затенить некоторые части растения, и это **позволяет уменьшить** фотосинтез и испарение. **За счет уменьшения испарения уменьшается и всасывание** воды корнем».

Л. Ш. «Чтобы не перегреться, литопс утоплен в земле. Для получения достаточного количества воды — мочковатая корневая система. **Противоречие** — фотосинтезирующая поверхность находится под землей и там затруднено проникновение света».

Д. Г. «Задача защиты решается, так как большая часть растения под землей. Охлаждение через испарение затруднено, так как большая часть растения в земле. Фотосинтез затруднен по этой же причине».

Д. К. «Фотосинтезирующая клетка получает мало света — **но** мало испаряет».

С. Л. «**Сохранение влаги** — отдельная прозрачная ткань, маленькая поверхность испарения, толстая кутикула. **Противоречит фотосинтезу:** толстая кутикула, и, — косвенно, — маленькая поверхность, так как меньше углекислого газа.

Защита от перегрева — блестящая кутикула, маленькая поверхность».

Д. К. «Фотосинтез. **Я не понимаю, как он происходит, но он должен как-то происходить.** Возможно, фотосинтезирует под землей, поставляя в хлоропласты свет и углекислый газ с поверхности земли. **Зато с устойчивостью никаких проблем,** поскольку он под землей...»

Возможно, вода хранится в прозрачной мякоти растения. **Устьиц немного — это противоречит задаче добыть воду».**

В. М. «Испарение ухудшится из-за того, что из земли видна только небольшая часть литопса, и из-за того, что мало устьиц на этой части. Фотосинтез будет происходить медленнее, так как толстая кутикула будет задерживать часть солнечного света, а также

* Здесь и далее детские работы цитируются без стилистической правки. Цитат приведено достаточно много для того, чтобы было ясно заметно, что рассуждения о взаимозависимости, компенсации функций, противоречивости решаемых растением задач приводятся многими детьми, это — не единичное явление.

малое количество устьиц — плохая проникаемость углекислого газа».

М. С. «Как могло показаться, зеленых клеток на поверхности в литопсах почти нет, а есть только прозрачные клетки, но так как они прозрачны, свет падает в них и как через призму или стекло проходит через них и доходит до зеленых клеток. **Зачем так?»**

Д. Д. «Мне кажется, что это растение перегреться просто не может из-за прозрачных клеток. Эти клетки поглощают свет и передают его фотосинтезирующим клеткам по бокам. Литопс поглощает энергию света прозрачными клетками и распределяет по фотосинтезирующим. До подземных вод корни литопса не достанут, поэтому, в основном, вода добывается из дождя. Значит прозрачные клетки еще служат запасующей тканью».

Мы видим, что в некоторых работах фиксируется непонимание, поставлен вопрос о попадании солнечного света к зеленым клеткам, находящимся под землей, т. е. обнаружена действительная загадка литопса, хотя только в одной-двух работах высказана гипотеза-отгадка. После написания работ детские идеи были обсуждены в классе.

На следующем занятии ученики работали самостоятельно, решая задачу по расселению трех растений на подходящее им местообитание. Это задание является прообразом вполне реальной задачи, которую часто приходится решать людям в связи с переселением, благоустройством территорий, расширением ассортимента пищевых продуктов в данной местности и пр.

Перед началом работы дети записали свой краткий ответ на вопрос: Каким способом нужно решать эту задачу? Что нужно сделать, чтобы ее решить не «методом тыка», а рассуждая?

Лучшие ответы на этот вопрос были примерно таковы.

Г. П. Я рассмотрю, **какие задачи** должны выполняться в данных условиях, и рассмотрю, **какие растения** решают данную задачу.

М. С. Я посмотрю на **описание климата**, и выделю важные моменты (например, много ли осадков), а потом посмотрю на **описание растения**, его признаки. Потом нужно будет соотнести признаки, **придумать способ решения** и посмотреть, в каком климате оно (решение) есть.

С. Л. Посмотреть, **какие задачи** оно решает, и посмотреть, **какими способами** оно решает эти задачи.

Менее рефлексивные ответы были такими.

Д. К. Соотнести растение, его особенности с предложенными вариантами местообитания.

А. С. Исходя из количества устьиц, наличия листьев или колючек и т. д. Я пойму, где растёт растение, т. е. по видимости и по строению.

А. Л. По климату, сколько воды, где вода, температура, количество осадков, строение растения.

Ответы учеников не обсуждались, дети сразу приступили к выполнению самого задания. Обработка

ответов и их соотнесение с результатами работы показали, что степень рефлексивности не жестко связана со способностью решить задачу. Хотя большинство тех, у кого сложилось четкое представление о нужном способе действия, решили задачу хорошо, а большинство тех, у кого не было оформленных представлений о способе решения, — не самым лучшим образом, были и обратные случаи. В двух случаях наличие четко оформленных представлений о способе решения вообще не привело к решению, а в шести случаях задача была прекрасно решена (многостороннее обоснование решения, множество доказательств), но без четкого осознания способа действия.

Задание имело следующий вид (одно из местообитаний было лишним):

А. Это растение — невысокий кустарничек. Его длинные (до 1 метра) побеги стелются по земле, а отходящие от них веточки приподнимаются невысоко, до 20 см. Стебли темно-бурые, с толстым слоем пробки, в которой есть чечевички. Стебли покрыты мелкими (длиной 0,5—0,7 см), очень узкими листьями. Листья похожи на хвощики, но форма их — не игольчатая. Края листьев загнуты вниз так, что они почти соприкасаются, — получается узкая трубочка. На внутренней стороне этих листьев-трубочек располагаются устья. Сверху листья темнозеленые и блестящие, снизу покрыты рыжеватыми волосками, которых особенно много на смыкающихся краях. Листья на зиму не опадают, а держатся на веточках несколько лет. Живет растение до 100 лет. Корневая система уходит в почву неглубоко и обильно ветвится. Цветки — невзрачные, мелкие, розоватые. Плоды — мелкие блестящие черные ягоды.

Б. Это — однолетнее травянистое растение высотой до 15 см. Листья яркозеленые, тонкие, собраны в розетку. Ширина их 1—3 см, длина 4—5 см. Появляется из семян ранней весной, через месяц цветет и еще через 3—4 недели отмирает, дав семена. Корневая система стержневая, углубляется в почву на 10—15 см.

В. Это — многолетнее растение. В грунте находится недлинное корневище (видоизмененный побег). Корневище толстое, в его сердцевине много крахмала. От него отходят тонкие придаточные корни, лишенные корневых волосков. Листья двух видов: одни — тонкие, без кутикулы и устьиц, не разделенные на черешок и листовую пластинку, другие — на длинных и толстых черешках, с округлыми большими листовыми пластинками. У этих листьев устьица есть только в верхнем эпидермисе, их много (более 600 на кв. см). Верхняя кожица покрыта кутикулой, а на нижней ни устьиц, ни кутикулы нет. В листьях и стебле механической ткани почти нет. Цветки этого растения крупные, белые, красивые.

1. Пустыня: долгое жаркое лето, короткий период дождей, прохладная зима.

2. Тундровое болото: долгая снежная и морозная зима, относительно короткое лето, почва оттаивает летом на 50 см, ниже — вечная мерзлота.

3. Влажный тропический лес: жарко и влажно, густые заросли высоких деревьев. Почва бедна минеральными веществами.

4. Пресный водоем: поверхность хорошо освещена, летом вода теплая, поэтому в ней мало кислорода.

На самом деле, растение А — шикша, или вороника, обитательница тундры и лесотундры. Растение Б — крупка, эфемероид, обитательница пустыни. Растение В — кувшинка, обитательница пресных водоемов средних широт. Однако по описанию, несмотря на его развернутый характер, ученики узнать эти растения не могут. Они должны рассмотреть **неизвестные** им растения.

Вот три хороших детских работы для примера*. В каждой из них дается многостороннее обоснование сделанного выбора, т. е. обсуждаются практически все выявленные особенности строения растения, с точки зрения их соответствия задачам, решаемым растением в данных условиях среды.

* Детские работы не редактировались, чтобы можно было получить полное представление о них.

С. Л. «Растение В — водное растение (местообитание 4).

Листья. Разделение листьев на два типа говорит о том, что у них разная задача. У листьев без кутикулы и устьиц, скорее всего, ассимиляционная функция. То, что устьица у 2-го типа листьев на верхней стороне и длинный черешок, говорит о том, что они расположены над водой (вода не будет заливаться в межклетники). Много устьиц, так как нет корневого дыхания (газообмена). На нижней стороне листа нет кутикулы. Она в воде, ей мало угрожают внешние раздражители.

В листьях нет механической ткани. Их держит и распрямляет вода.

Корень. Нет корневых волосков. Осмотическое давление снаружи велико, и корневые волоски редуцировали, больше не надо увеличения поверхности всасывания.

Наличие запасающей ткани. Годичный цикл жизни растения меняется (бывают периоды с неблагоприятными условиями внешней среды).

М. С. «Растение А — растение пустыни. По строению листа видно, что его главная задача — сберечь как можно больше воды, и оно с ней очень интересно справляется. Посмотрим на листья:

а) листья мелкие и очень узкие — чтобы уменьшить поверхность испарения (?);

б) сверху листья темно-зеленые, блестящие, значит там очень толстая кутикула — защита от испарения;

в) снизу покрыты рыжеватыми волосками — чтобы молекулы воды задерживались на них (защита от испарения).

Стебли этого растения темно-бурые, растение — невысокий кустарничек, и т. д. Все это значит, что растение получает достаточно фотосинтеза, нехватки солнечной энергии у него нет.

Как известно, в пустыне не очень много растений — этому растению не нужно бороться за свет, поэтому оно невысокое.

Корневая система неглубокая, но развитая — корни этого растения собирают дождевую воду».

В. К. «Растение А живет в тундровом болоте, т. к. 1) стебли покрыты толстым слоем пробки, листья узкие и мелкие — от холода, 2) у листьев форма трубки и волоски — для тепла, 3) корневая система неглубокая и ветвящаяся, чтобы не упереться в промерзлость, 4) толстая кутикула — от холода, 5) *цветки, плоды и само растение маленькое — чтобы тепло не уходило во внешнюю среду**, 6) многолетнее, т. к. приспособлено к данным условиям, 7) листья на зиму не опадают, чтобы не тратить энергию на выращивание новых листьев весной, когда ее и так не хватает, 8) побеги, в основном, стелятся по земле — поднимаясь в воздух, они рискуют замерзнуть больше, чем прижимаясь к земле, 9) *устьица внутри трубки листа — чтобы защищать растение от попадания нежелательных веществ*».

* Курсивом выделены явно неверные рассуждения.

** Или по крайней мере — неумножение их числа.

Конечно, не все ученики дали столь содержательные обоснования своего выбора, многие работы были менее подробными (в среднем 3–4 рассуждения).

Однако очевидно, что задача экспериментального обучения, сформулированная в начале этого текста, в целом была достигнута. Ученики понимают растение как целостный и особенный организм, решающий собственные задачи в среде. Они способны строить разумные гипотезы об устройстве растения, о его взаимоотношениях со средой, об особенностях данного вида. Ученики начали различать растения не просто по их бросающимся в глаза особенностям внешнего вида, а обращая внимание на мелкие детали (кутикула на поверхности листа, форма листа и т. д.), которые стали для них значимыми в контексте решения предложенных задач. Они твердо знают, что разные растения по-разному решают задачи существования в одних и тех же условиях, формируя специфические приспособления.

Таким образом, очевидна завершенность этого фрагмента обучения. Как его результат появилось вполне осмысленное учебное действие. Ученики успешно и самостоятельно решают новые нетривиальные задачи. Построенная управляющая модель сработала в том смысле, что ученики, анализируя строение растения, выделяют существенные признаки, «видят» организм растения как противоречивую систему. Это обеспечивается практикой переходов между несколькими схематизмами разного типа (схема связи особенностей строения и функций, таблица задач, схематические рисунки строения растения и пр.).

Но завершенность данного фрагмента обучения — это одновременно только **начало** шага развития и **начало** работы построенной модели. Именно **появление в пространстве действия субъекта осмысленной им модели** определяет, по нашему предположению, соответствующий шаг будущего развития.

Модель как зерно, несущее в себе собственные потенциалы дальнейшего движения, попадая в поле действия, начинает «прорастать и укореняться» в нем. «Зерно» должно «прорасти всходами» и постепенно преобразовать опыт действующего субъекта. К любому ли растению, в любой ли ситуации ученики уже могут отнестись по-новому (хотя очевидно, что не всегда нужно это делать)? Или любимая березка под окном по-прежнему остается вне поля мышления и понимания? Одно из возможных направлений дальнейшего движения — распространение нового понимания на все пласты жизненного опыта. Одним из показателей того, что этот процесс «запущен» и протекает, может служить рост числа детских вопросов**, связывающих изученный материал с жизненными наблюдениями.

Почему модель **необходима** для следующего шага развития? Очевидно, потому, что она **уже** содер-

жит в себе **больше** того, что знает и умеет ученик сегодня.

Почему модель на этой фазе ее освоения **достаточно** для совершения шага развития?

Во-первых, видимо, потому, что она является символом принципиально незавершенного действия. Во-вторых, наверное, потому, что модель задает поле и определяет возможные границы самостоятельного действия субъекта, являясь уже не внешним побудителем действия, а внутренним его ресурсом.

Однако скорее всего от активности действующего субъекта зависит, будет ли шаг в развитии действительно шагом или же только шагком.

Что должно остаться в поле совместности (дальнейшей совместно-разделенной учебной деятельности)? Что нельзя отдать на откуп детской самостоятельности? В первую очередь, предметом совместного внимания должны стать наиболее существенные отрезки границы знания и незнания*. Вот пример возможного хода в обучении, прямо вытекающего из результатов детской работы на последнем описанном выше занятии. Сравним два последних детских сочинения. Каждое из них довольно убедительно обосновывает поселение растения А в определенное место. Беда только в том, что в одном случае это пустыня, а другом — тундровое болото.

Прав тот, кто поселил растение А в тундру, там оно на самом деле и живет. Но ошибка второго ученика прекрасна! Потому что она позволяет обнаружить явление физиологической сухости, о котором ученики не знают. В тундровом болоте, где явный избыток воды, она столь же недоступна растению, сколь и в пустыне, хотя по другим причинам. Поэтому растение А так похоже на реальные пустынные растения. Этот ход позволяет перейти к изучению биогеографии (это может быть, например, учебный модуль, координирующий географию и биологию).

Литература

1. Горбов С. Ф., Цукерман Г. А. и др. Мониторинг учебно-предметных компетенций в начальной школе / Под ред. П. Г. Нежнова и др. М., 2007.
2. Зайцева В. Е., Чудинова Е. В. Об экспериментальном курсе «Биология» для основной школы в системе Д. Б. Эльконина—В. В. Давыдова // Точка РО. 2008. № 1.
3. Обухова Л. Ф. Формирование системы физических понятий в применении к решению задач // Зависимость

Выводы (гипотеза о характере учебной модели как «зерна» развития)

Осмысление хода формирования позволяет гипотетически ответить на вопрос о необходимых свойствах учебной модели (и характере деятельности класса по ее построению и освоению) для того, чтобы на полюсе индивидуального субъекта образовалось такое саморазвивающееся «зерно».

1. Модель должна представлять собой систему знаково-символических средств, удерживать детские действия несколькими схематизмами разного типа, требующими осуществления переходов между ними.

2. Она должна быть насыщена «движением» (пройти, перейти, преобразовать). Возможно, что чем больше «внутренне-двигательный» характер модели, тем больше возможности ее «оседания» на полюсе субъекта.

3. Вероятно, опыт действий с моделью и ее принципиальная незавершенность определяют ее субъективную «заряженность»: некоторое стремящееся к изменению положение в смысловом поле (это предварительный ответ на вопрос о мере инициативы в построении и мере полноты уяснения модели индивидуальным субъектом действия).

4. Скорее всего, дальнейшее развитие «зерна» может быть облегчено компактностью (ядерностью) символа (знаковой формы), в который способна скручиваться, концентрироваться развернутая модельная форма.

5. С моделью должны быть связаны знаки возможных намерений — образцы путей ее использования в деятельности. Другими словами, учебная модель должна быть «помечена» будущими возможностями использования. Для этого она должна иметь сродство с культурными практиками, технологиями. В будущем это может облегчить субъекту распознаваемость ситуаций ее применимости.

обучения от типа ориентировочной деятельности / Под ред. П. Я. Гальперина. М., 1968.

4. Чудинова Е. В. Особенности моделирования в учебной деятельности подростка // Вопросы психологии. 2005. № 5.
5. Эльконин Б. Д. Образовательные результаты и результаты развития // Педагогика развития. Красноярск, 2009.
6. Эльконин Б. Д., Воронцов А. В., Высоцкая Е. В., Львовский В. А., Чудинова Е. В. Гипотеза о содержании обучения подростка в системе Д. Б. Эльконина—В. В. Давыдова // Вестн. МАРО. 2002. № 10.

* «Для нормального, т. е. осмысленного в рамках развития, обучения каждый новый тематический ход есть, в первую очередь, отношение к предыдущему опыту, а в самых ярких случаях — его преодоление, переструктурирование. Именно в такой схеме и задается Д. Б. Эльконин и В. В. Давыдовым ядро учебной деятельности — учебная задача. Задается как такое построение общего способа действия, которое является чувственным, субъективным приращением мышления и понимания — чувственным и субъективным преодолением (изменением границ и допущений) уже сложившегося способа действия» [5, с. 13].

The Training Model as a Unit of Learning and a «Grain» of Development

E. V. Chudinova

Ph.D. in Psychology, Senior Research Fellow, Psychological Institute of Russian Academy of Education

V. E. Zaitseva

Biology Teacher, Moscow Educational Institution gymnasium № 1567

The article discusses the problem of detecting the training «pace» that leads to the act of development. The forming experiment, conducted on the material of the school subject «Biology» allows to justify the hypothesis of a «grain» of development that appears while students work on constructing and transforming the training model. The nature of the class's activity in building and mastering of such an operating model is described in detail; the children's work that reflected the formed understanding are analyzed, the operational capabilities of the model are used. The properties of the educational model that are required to produce a self-developing «grain» in an individual are identified. Such a «grain» transforms human experience and allows an individual to perceive a new situation as a situation of action, and for such an action the individual has his own resource.

Keywords: education, development, forming experiment, learning activity, modeling, operating model, functional-semantic field, concept, autonomy, intention.

References

1. Gorbov S. F., Cukerman G. A. i dr. Monitoring uchebno-predmetnyh kompetencii v nachal'noi shkole / Pod red. P. G. Nezhnova i dr. M., 2007.
2. Zaiceva V. E., Chudinova E. V. Ob eksperimental'nom kurse «Biologiya» dlya osnovnoi shkoly v sisteme D. B. El'konina—V. V. Davydova // Tochka RO. 2008. № 1.
3. Obuhova L. F. Formirovanie sistemy fizicheskikh ponyatii v primenении k resheniyu zadach // Zavisimost' obucheniya ot

tipa orientirovochnoi deyatel'nosti / Pod red. P. Ya. Gal'perina. M., 1968.

4. Chudinova E. V. Osobennosti modelirovaniya v uchebnoi deyatel'nosti podrostka // Voprosy psihologii. 2005. № 5.
5. El'konin B. D. Obrazovatel'nye rezul'taty i rezul'taty razvitiya // Pedagogika razvitiya. Krasnoyarsk, 2009.
6. El'konin B. D., Voroncov A. V., Vysockaya E. V., L'vovskii V. A., Chudinova E. V. Gipoteza o sodержanii obucheniya podrostka v sisteme D. B. El'konina—V. V. Davydova // Vestn. MARO. 2002. № 10.