

Самостоятельность и инициативность старших школьников в учебном моделировании

Чудинова Е.В.

ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования» (ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3923-781X>, e-mail: chudinova_e@mail.ru

Зайцева В.Е.

ГБОУ «Школа № 67», г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: zaiceva@67sch.ru

Минкин Д.И.

ГБОУ «Школа № 67», г. Москва, Российская Федерация,
e-mail: mindenska@yandex.ru

Задачей работы является представление инициативного и самостоятельного учебного моделирования как высшего возможного достижения учеников старшей школы (15—17 лет). Применение «case study» в рамках многолетнего генетико-моделирующего эксперимента позволило описать прецеденты учебного моделирования в старшей школе, демонстрирующие инициативность и самостоятельность учеников в моделировании. Был осуществлен анализ видеозаписей 14 уроков постановки и решения одной учебной задачи, результатов фокус-группы с 5 учителями и письменных работ 20 учеников одиннадцатого класса. Показано, что при условии предшествующего обучения, основанного на принципах учебной деятельности, ученики этого возраста способны самостоятельно изобретать и анализировать модельные средства, необходимые для фиксации неявных предметных отношений, а также преобразовывать модель, удерживая задачу в течение времени, необходимого для ее решения. Учебная модель при этом приобретает черты исследовательской. Она является для учебного сообщества не только средством фиксации предметных отношений, но и способом выражения своего понимания, то есть средством коммуникации.

Ключевые слова: учебное моделирование; старшие школьники; учебная задача; учебная проба; учебная инициатива; учебная самостоятельность.

Для цитаты: Чудинова Е.В., Зайцева В.Е., Минкин Д.И. Самостоятельность и инициативность старших школьников в учебном моделировании // Психологическая наука и образование. 2024. Том 29. № 1. С. 61—74. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2024290105>

Learning Self-Reliance and Initiative of High School Students in Educational Modeling

Elena V. Chudinova

PIRAO, Moscow, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3923-781X>, e-mail: chudinova_e@mail.ru

Vera Ye. Zaytseva

School 67, Moscow, Russia

e-mail: zaiceva@67sch.ru

Denis I. Minkin

School 67, Moscow, Russia

e-mail: mindenska@yandex.ru

The task of the work is to present initiative and independent educational modeling as the highest possible achievement of high school students (15—17 years old). The application of the "case study" within the framework of a multi-year genetic-modeling experiment made it possible to describe the precedents of educational modeling in high school, demonstrating the initiative and independence of students in modeling. An analysis was carried out of video recordings of 14 lessons on setting and solving one educational problem, the results of a focus group with 5 teachers and written work of 20 eleventh grade students. Due to prior learning based on the principles of learning activities, students of this age are able to invent and analyze modeling tools necessary to capture implicit subject relations, as well as to transform the model by holding the problem for the time necessary to solve it. In this case, the training model acquires the features of an exploratory model. It is shown that the model is not only a means of fixing subject relations for the classroom community, but also a way of expressing their understanding, i.e. a means of communication.

Keywords: learning modeling; high school students; learning task; learning try-out learning initiative; learning self-reliance.

For citation: Chudinova E.V., Zaytseva V.Ye., Minkin D.I. Learning Self-Reliance and Initiative of High School Students in Educational Modeling. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*, 2024. Vol. 29, no. 1, pp. 61—74. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2024290105> (In Russ.).

Введение

Один из основоположников теории учебной деятельности, В.В. Давыдов, обозначил проблемы субъекта учебной деятельности, связи формирования учебной деятельности с развитием личности школьника, а также проблему развития самой учебной деятельности как важнейшие нерешенные проблемы теории [2]. За прошедшие с тех пор почти три десятилетия эти вопросы подверглись теоретической и экспериментальной

разработке [см., например, 6; 7; 8; 10; 11; 13; 25], но пока далеки от окончательных решений. Отчасти это связано с тем, что основным исследовательским методом в этой области является генетико-моделирующий метод, что определяет необходимость предварительного длительного проектирования и реализации учебных курсов, выстроенных на основе логико-предметного и логико-психологического анализа. Разработка и апробация таких курсов для основной школы в

2000—2023 годах позволила обнаружить и описать некоторые феномены, характеризующие изменения в характере учебной деятельности подростков по сравнению с младшими школьниками, и строить гипотезы относительно динамики учебной деятельности и развития ее субъекта [4; 9; 10; 11 и др.].

По мысли Б.Д. Эльконина, сегодня ключевым вопросом теории развивающего обучения является вопрос об освоении и динамике моделирования: как оно опробуется в совместном действии в начальной школе; как модель становится собственным средством; как и когда модель преобразуется самими учениками [10]. Это не случайно, ведь моделирование — центр и «душа» учебной деятельности. Изменения в характере включения школьников в учебное моделирование ярче всего должны демонстрировать динамику учебной деятельности и ее субъекта в ходе возрастного развития.

Задачей этой статьи является описание прецедентов учебного моделирования на уроках биологии в основной и старшей школе. Метод «case study», позволяющий увидеть за единичным общим, дает возможность вплотную подойти к вопросу о возрастных возможностях старших школьников в осуществлении учебного моделирования, понять, чем принципиально отличается учебная деятельность подростков-старшеклассников от учебной деятельности в младшем школьном возрасте.

Материалом исследования выбрано изучение микроэволюции как ключевой и трудной задачи обучения биологии [3; 13; 14; 17; 19; 23; 28]. Конечной целью является представление инициативного и самостоятельного учебного моделирования как высшего возможного достижения возраста, то есть, согласно Д.Б. Эльконину, нормы возрастного развития [12]. Описание подобных прецедентов позволяет ввести новые факты в круг рассмотрения и дальнейшего изучения исследователями возрастной динамики учебной деятельности.

Методы

Основной метод, используемый для сбора данных, — генетико-моделирую-

щий эксперимент по обучению школьников 6—11 классов биологии в 2013–2023 гг, позволяющий наблюдать постановку и решение учебной задачи на открытие понятия естественного отбора (гимназия г. Москвы, 8—10 классы разных лет, биологические профильные 8—11 классы). Описание этого генетико-моделирующего эксперимента мы представили в более ранних работах [3; 11; 13; 25]. В рамках этого эксперимента был осуществлен «case study», традиционно применяющийся для изучения подобных прецедентов в обучении [15; 18; 20]. Он опирался на включенное наблюдение и анализ видеозаписей 14 уроков в 4 классах (3 девятых класса и 11 класс, всего 108 учеников), что дало возможность зафиксировать события совместной учебной деятельности. Видеозаписи использовались для оценки меры самостоятельности работы учеников (фиксации основных этапов их работы, моментов и характера включения учителя в самостоятельную работу класса).

Для уточнения и проверки гипотез была проведена фокус-группа с 5 учителями, работающими в разных классах (все работали с экспериментальными классами от 4 до 10 лет). Фокус-группа была осуществлена с целью фиксации субъективных представлений учителей о самостоятельности учеников в процессе моделирования и собственной готовности предоставить им такую возможность, а также описания разнообразных детских инициатив в моделировании микроэволюции на протяжении десяти лет экспериментальной работы.

Анализ письменных работ 20 учеников одиннадцатого класса (9 мальчиков, 11 девочек) позволил проанализировать их включенность в совместную учебную деятельность, а также их представления о процессе и результатах совместного учебного моделирования.

Результаты

Первые несколько лет разработки и внедрения курса «Новая биология» учебная задача на открытие естественного отбора воспроизводилась по единой схеме в разных школах и классах (с 8 по 11). Это

значительно повышало эффективность обучения по сравнению с традиционным [3; 9; 13]. Овладение специфическими умениями, которых требует организация постановки и решения учебной задачи в классе, сделали возможным собственные пробные действия учителей. Пробы состояли в предоставлении большей свободы ученикам в постановке учебной задачи и создании учебной модели.

«Традиционный» способ работы в этой точке курса подробно описан [3; 9], однако необходимо выделить существенные этапы этого движения, чтобы изменения и их последствия, опробованные учителями позднее, стали понятными.

1. Обнаружение учениками противоречия в собственных объяснениях эволюционных изменений: мутации случайны, а эволюционные изменения выглядят целенаправленными.

2. Возникновение идеи разработки эволюционирующего модельного объекта.

3. Разработка модельного объекта: формы его «существования», правил его «жизни» (примерно 1-2 урока) — бумажные квадратики двух цветов, на обратной стороне которых записан их генотип, разложенные на определенном фоне.

4. Игровое моделирование. Обнаружение факта динамики популяции в зависимости от факторов среды (примерно 2 урока).

5. Анализ полученных результатов. Различение направляющих и ненаправляющих факторов, обнаружение факта естественно-го отбора (примерно 2 урока).

6. Знакомство с теорией Ч. Дарвина и термином «естественный отбор».

7. Решение задач для окончательного уяснения обнаруженных закономерностей.

Учебная модель была разработана сообществом методистов, учителей и психоло-

гов. Учитель, представляя заранее конечный формат учебной модели, организовывал деятельность учеников, открывающих для себя эти предметные отношения впервые.

В отличие от большинства стратегий обучения, в системе Д.Б. Эльконина—В.В. Давыдова школьникам практически никогда не предлагается учебная модель в готовом виде. Учебное моделирование — это фиксация учениками в знаково-символической форме существенных предметных отношений и последующее преобразование этой знаково-символической формы: этот «велосипед» всегда изобретается заново каждым классом.

Выработка правил «игры» (создание учебной модели) важнее, чем собственно игровое моделирование микроэволюции¹. Предлагая правила, ученики предъявляют свое понимание биологических явлений, уточняют его в обсуждении и уже на этом этапе сопоставляют создаваемую модель и реальность, многократно осуществляя такого рода переходы. Однако точные вопросы и реплики учителя приводят к выработке совершенно определенных правил. Например:
У (учитель): Сколько возьмем признаков?
Д (ученики): Давайте 5! Давайте 2!
У: Наверное, лучше выбрать самый простой для исследования вариант.

Д: Тогда давайте возьмем один, ведь и Мендель сначала так делал.

Вплоть до 6—7 класса ученики не замечают или легко прощают такое вмешательство учителя, искренне удивляясь, как так получилось, что они осуществляли поиск сами, не зная, к чему придут, а учитель все-таки догадался заранее о том, что получится.

В старших классах некоторая часть учеников ощущает искусственность ситуации: вроде предоставляется самостоятельность

¹ Известно немалое количество готовых компьютерных моделей эволюции, в том числе в МЭШ и РЭШ. Использование готовых моделей эволюции для демонстрации ученикам закономерностей несколько повышает эффективность обучения [23]. Но готовые модели не могут заменить самостоятельной разработки и реализации учебной модели: механизм, «зашитый» в готовую компьютерную программу, скрыт и делает для пользователя результаты работы этой программы неотличимыми от магии и поэтому неубедительными. Кроме того, броски кубиков и монеток позволяют ученикам прочувствовать «собственным телом» вероятностный характер факторов эволюции.

при разработке правил, а оказывается, что у учителя подготовлены все материалы (коробка с нарезанными бумажками двух цветов и пр.). Возможно, поэтому некоторые начинали вести себя более пассивно, не предлагая дополнительных идей. В процессе игры эти ученики не старались обеспечить точность следования правилам: если модель готова заранее, то и результаты уже известны.

Учитель, по словам педагогов, участвовавших в фокус-группе, мог страдать от роли «навязывателя», но не отступал от продуманной логики в силу опасений «зайти не туда», «потерять время» и пр. Риск в отходе от одобренной модели состоит также в том, что измененная модель может не показать явно закономерности, которые ученики должны обнаружить. Поэтому учитель при внесении изменений должен быстро просчитывать несколько ходов вперед. Нужно понимать, какое влияние на модель окажет то или иное правило моделирования, введенное учениками.

После нескольких прогонов этого фрагмента курса в разных классах учителя начинали ощущать большую уверенность в своих силах и понимании ситуации, что приводило к пробным действиям с их стороны. Это выражалось в допущении предлагаемых учениками вариантов, если были осмысленными настолько, что навязывать свой, заранее продуманный, вариант было некорректно, поскольку он был не лучше предлагаемого детьми. Например, в одном из классов ученики не захотели ввести в модель «хищника», уничтожающего более светлых особей, потому что они лучше видны на фоне. Ученик сказал, что это «детский сад», и предложил ввести фактор ультрафиолетового излучения, от которого темноокрашенные бумажки будут лучше защищены, чем светлые. Учитель не заблокировал это предложение, поскольку понимал, что оно вполне соответствует реальности и такое изменение не разрушит модель. Более того, оказалось, что теперь «выживаемость» бумажек перестала зависеть от воли и сознательности «хищника», а определялась броском кубика.

Во многих классах ученики по собственной инициативе писали программы для обработки полученных данных, программы, ускоряющие

наиболее трудоемкие и длительные этапы бумажного моделирования. Были отмечены частые попытки перейти от «ручного» моделирования к виртуальному — созданию компьютерных программ, имитирующих эволюцию.

Попытки учеников выбрать в качестве модельного объекта не бумажки, а в качестве фенотипического признака — не только цвет, по-прежнему пресекались учителями: им казалось, «очень трудно продумать другую рабочую модель и не запутаться».

С годами учителя начинали допускать более масштабные изменения. Например, в одном из биологических классов был предложен иной способ задания селективности: особи в моделируемой популяции, по замыслу учеников, были чувствительны или нечувствительны к антибиотику. Чтобы определить, кто из них выживет, а кто погибнет, на стол с бумажками, изображающими живых существ, дети бросали горсть зерен из мешка. Если зерно попадало на бумажку, то она «выживала», если была устойчива в соответствии со своим генотипом, и «не выживала», если была неустойчива.

Пробы учителей подкреплялись ростом уверенности в том, что даже при условии значительной вариативности модель остается рабочей, а также тем, что учителя замечали эффект предоставления ученикам свободы в выработке правил моделирования. Вовлеченность учеников была выше.

Этот опыт привел учителей к вычленению принципиальных моментов в моделировании, которые с необходимостью надо контролировать (и здесь их всего четыре), в отличие от моментов, которые могли варьироваться.

Последний эпизод постановки и решения этой учебной задачи (биологический профильный одиннадцатый класс, 2022-2023 учебный год) в полной мере продемонстрировал возможности класса как учебного сообщества в отношении моделирования. Учитель рискнул предоставить детям практически полную свободу в постановке и решении задачи. Это стало возможным по причине его уверенности в подготовке учеников и достаточного времени, которое он мог выделить на эту работу.

Хорошая подготовка учеников выражалась в успешном освоении предыдущего материала и начитанности по следующей теме «Эволюция». Однако, как и в других подобных случаях, знания, предвещающие новую тему, были формальными. Дети на удивление успешно по сравнению с предыдущими классами решили задачу про жирафа, предшествовавшую постановке учебной задачи, наверное, потому, что этот материал часто встречается в учебниках и других книгах про эволюцию. Однако аналогичное задание на материале бактерий проявило непонимание механизма микроэволюции. Это соответствует нашим представлениям о необходимости моделирования для полноценного овладения понятием.

Постановка учебной задачи и выбор способа ее решения произошел в ходе обсуждения результатов предыдущей работы. Вот сокращенный диалог учителя (У) и учеников (Д):

У: Что получилось?

Д: Эволюция происходит. Модификации не наследуются, а мутации не направлены.

У: Могут ли мутации быть основой эволюции?

Д: Непонятно.

У: Как узнать? Какие вообще бывают способы доказательства или опровержения в науке?

Д: Почитать книги и статьи на эту тему. Провести эксперимент. Хочется самим.

У: Реальный эксперимент в наших условиях невозможен.

Д: Можно еще моделировать. На компьютере.

У: Наверное, без компьютера тоже можно... Так что будем делать: читать учебники или моделировать?

После этого ученики сразу перешли к разработке правил моделирования.

Первое предложение было взять в качестве «живого существа» слово, которое может мутировать (например, гласные могут замещаться на согласные). Однако проработка этой версии показала, что она трудно реализуется, и ученики стали продумывать другой вариант: с пластилиновыми шарика-

ми и колбасками. Вся работа по разработке правил, их опробованию, изменению длилась пять уроков, в течение которых ученики были активны и самостоятельны. Учитель вмешался в процесс лишь несколько раз, а именно:

1. Иногда спрашивал: бывает ли такое в природе.

2. Инициировал анализ ситуации, когда заметил, что процесс затягивается и становится скучно — исходно ученики заложили в модель очень низкую скорость размножения.

3. Удерживая с самого начала мысль, что ученики не заложили в модель ненаправляющие факторы эволюции, на этапе повторного анализа правил игры внес предложение добавить холодную зиму.

4. Указал на недостаточно выраженное различие слепленных из пластилина плоских «колбасок» и шариков: если действовать руками, можно не почувствовать различия.

5. Предложил усилить действие одного из выбранных учениками действующих факторов в ситуации, когда обнаружилось, что они действуют в противоположных направлениях с равной силой.

6. Организовал одновременность создания excel-файла для обработки данных для всех групп.

После моделирования ученикам было предложено написать отчет о том, как они действовали: «Опишите, что запомнилось, что было интересно». Задание не было обязательным. Из 20 учеников, принимавших участие в моделировании, 12 написали отчеты. Поскольку задание было сформулировано неопределенно, отчеты получились разными: короткими и длинными (до трех страниц), сжатыми и полными, менее и более рефлексивными. Результаты этой работы представлены в таблице.

В 10 отчетах ученики, описывая ход моделирования, использовали слово «мы», например: «Мы решили моделировать процесс эволюции...», «Мы разделили особей на группы по 5 бибок, с генотипами AA и aa (шарики и сосиски)...», «Нашу модель эволюции мы начали с идеи про текст...», «Наша гипотеза не подошла, т.к. мы не знали, как про-

Таблица

Анализ 12 отчетов учеников о ходе и результатах моделирования

Характеристики коллективного учебного моделирования, выделенные в работах учеников	Количество учеников, выделивших эти характеристики	Количество упоминаний в одном отчете
Постановка задачи и выбор способа решения	2	1—2
Описание неудачной попытки моделирования	4	3—4
Фиксация существенных моментов моделирования (частоты мутаций, заложенной в модель, их вероятностного характера...)	10	4—10
Фиксация несущественных (внешних) моментов моделирования, например, названия, придуманного для «живых существ»	8	1—3
Фиксация поворотов мысли (отвержение идей)	8	1—5
Оценочно-рефлексивные суждения о процессе и результатах моделирования	10	1—8
Указания на свои действия или роль в этой работе	4	1
Указания на роль или действия другого ученика	3	1—4
Указания на действия или роль разных групп	8	1—3
Указания на действия или роль учителя	2	1—2

изводить мутации...» и т.п. Один отчет был целиком посвящен анализу модели и своего отношения к ней. Еще в одной работе слово «мы» не использовалось, поскольку все описание было подробным разбором взаимодействия групп («часть людей полагала») и отдельных учеников, названных по именам.

Большинство (см. таблицу) осознавало процесс моделирования как работу мысли с выдвижением, проверкой и коррекцией гипотез. Ученики фиксировали преимущественно существенные моменты в разработке модели, указывали на повороты совместного мышления, например: «...по результатам 1 кона у 3 из 4 групп не был замечен существенный прирост в популяции, поэтому решено делать не бинарное деление, а шизогамию (на 4 дочерних)...» или «Хищник ел с закрытыми глазами и на ощупь. Так как шарики выпирали больше, то и ели их чаще, чем сосиски. По итогу у нас получились не очень реальные результаты, и мы подумали добавить условий».

Подавляющее большинство имело собственную точку зрения на ход и результаты моделирования, высказывая оценочно-реф-

лексивные суждения о ходе, промежуточных и окончательных результатах моделирования, об особенностях создаваемой модели, например: «Мне кажется, что у нас слишком уравновешены и однообразны факты (очевидно, имеются в виду факторы — примеч. авт.). Я думаю, можно добавить какое-то единичное вмешательство типа эпидемии или другого катаклизма», «...что сейчас, что на уроке совершенно не понятно, какие выводы вообще в теории можно сделать из модели. Но зато на ней крайне понятен термин "генофонд"», «В первую очередь, хорошо запомнилась первая модель Ани, ведь тогда я и сам думал над какой-либо моделью, а идея Ани казалась крайне разумной, необычной и очень интересной», «У нас, правда, странной избирательности хищник, не сразу понятно, как он работает, как именно влияет на эволюцию — не совсем корректно сформулировали про него» и т.п.

Если подробные описания собственных действий в первом лице множественного или единственного числа присутствовали во всех работах, то краткие указания на участие учителя встретились лишь в двух работах.

Интересен факт, указывающий на вовлеченность в процесс: один из участников моделирования ушел с новогодней дискотеки в кабинет биологии, где учитель застал его исписывающим доску формулами. Ученик хотел рассмотреть случаи сочетания переменных в их модели. Позже учитель дал ему возможность рассказать об этом классу.

Решение учебной задачи и открытие механизма микроэволюции не подразумевают полного овладения этим понятием. Необходимо решение задач, в которых понятие конкретизируется и уясняется, а также совершенные учебные пробы — решение задач особого типа, в которых отсутствует требование или намек применить данное понятие.

Интересно, что в данном случае в самом процессе решения учебной задачи ученики совершили такую учебную пробу по отношению к более ранней выстроенной ими модели — инициативно использовали модель/понятие, введенное в курсе биологии четырьмя годами ранее. Это понятие о связи площади поверхности и объема тела с поглощением тепла. Придуманные учениками «живые существа», популяция которых эволюционировала, различались именно по признаку поверхности тела при постоянном объеме (плоские колбаски и шарики) и именно поэтому по-разному «выживали» в условиях холодной зимы и жаркого лета. Это говорит о расширении функционального поля данной модели/понятия [4] и освоении его значительной частью учеников класса.

Уяснение понятия естественного отбора и других факторов микроэволюции происходило при анализе реальных примеров, в каждом из которых ученики обнаруживали действие различных факторов: движущий отбор на примере бескрылых островных насекомых, миграции ужей озера Эри и т.п. В работе по уяснению и конкретизации открытого понятия мы не увидели существенных отличий от традиционного хода этой работы в курсе «Новая биология». Этот процесс не был ни более быстрым, ни более простым.

Однако вопрос «В чем основная заслуга Дарвина?», заданный ученикам после моделирования, но ДО рассмотрения в классе

теории Дарвина, выделил этот класс среди других. В большинстве ответов на подобный вопрос в других классах главной заслугой Дарвина называлось «доказательство происхождения человека от обезьяны». В этом классе большинство учеников написали, что Дарвин обнаружил «истинный механизм эволюции», «создал правильную теорию эволюции». В четырех работах из двадцати было сказано, что «Дарвин доказал, что эволюция происходит на основе мутаций», что, безусловно, неверно (во времена Дарвина еще не знали о мутациях), но демонстрирует, что моделирование «запустило» процесс переосмысления более ранних представлений.

Благодаря самостоятельности и вовлеченности учеников в моделирование понятие естественного отбора обрело для учеников ярко выраженный личностный смысл. Это обнаружилось при просмотре фильма, показанного по каналу «Культура» к юбилею Ч. Дарвина. Не комментируя заранее фильм, учитель попросил учеников изложить свои впечатления. В большинстве работ был дан подробный, критичный и эмоциональный разбор фильма, вскрывающий его истинную направленность и основанный на анализе фактов и их противоречий. Вот несколько цитат из работ учеников:

- «...Полноценных фактов, “опровергающих” теорию Дарвина (а фильм, снятый к юбилею с даты его рождения, скорее всего, для этого и был снят), я увидела два. Первый — предков находили вместе с уже существующими видами. Авторы фильма очень хочется спросить: существует ли их так рьяно защищаемая бабушка, если она живет одновременно с ними? Второй — дарвинисты сами не верят в это, а все доказательства — фальсификация. Я искренне ждала объяснений фальсификаций, но их не последовало».
- «...“перевернула мысль о мироздании” не обезьянья теория, а теория естественного отбора — это у Дарвина главное...».
- «Дарвин в своей теории говорил только о создании новых видов из старых, а не о сотворении старых (вернее, старого одного)... Хорошо, что сейчас молодежь не смотрит телевизор...».

- «Закон зародышевого сходства без-
можно переформулировали...».

- «Вопросов к видеоряду, музыке и дик-
тору нет, зато есть к составителю текста, ибо
были допущены фактические и концептуаль-
ные ошибки...».

Один ученик выразил свою критику пози-
ции авторов фильма в стихотворной форме:
«Не нужен путь нам из ступеней.

Не нужен из деревьев бор.

Метеорит. Или комета.

Но не естественный отбор».

Обсуждение

На протяжении первых лет обучения в на-
чальной школе по системе Д.Б. Эльконина—
В.В. Давыдова у детей постепенно оформ-
ляются и прирастают умения учебного моде-
лирования. В процессе совместной работы
ученики начинают активно пользоваться
предложенными учителем знаково-символи-
ческими средствами для изображения незри-
мых предметных отношений, а затем активно
предлагать свои способы схематической фик-
сации [1; 8] и преобразуют модель, действуя
всем классом, а потом и самостоятельно.

При переходе в основную школу появля-
ются новые учебные предметы. Специфика
предметных понятий заставляет разработчи-
ков искать специфические формы учебных
моделей, которые лишь частично воспро-
изводят черты исследовательских моделей
соответствующей области науки. Поэтому
ученики включаются в учебное моделиро-
вание как бы заново, осваивая новые языки
моделирования (язык молекулярных схем и
формул, язык «ниточных» моделей в биоло-
гии, динамических схем в физике и т.п.).

В условиях обучения по системе
Д.Б. Эльконина—В.В. Давыдова в основной
школе даже заново набранный класс доста-
точно быстро начинает вести себя как учеб-
ное сообщество, решать совместно учебные
задачи, что еще раз подтверждает огромную
роль дискурса в конструировании и освое-
нии нового для учеников знания [8; 26].

Многие исследователи процессов обуче-
ния и учения понимают важность самостоя-
тельного учебного моделирования для эф-
фективного овладения научными понятиями,
однако инициативность учеников в создании
моделей сильно ограничена рамками, задан-
ными проектировщиками обучения [16; 22].
Это определяется не только тем, что исполь-
зование готовых моделей требует меньших
временных затрат, но и тем, что в основной
школе меняется сам характер моделирова-
ния [11]. В частности, сложность учебных
моделей возрастает иногда до такой степе-
ни, что учителю становится трудно, а иногда
и невозможно удерживать и предугадывать
возможности изменения модели в ходе об-
суждения и совместной разработки. Так, на-
пример, модель микроэволюции, о которой
идет речь в этой статье, по сложности и ха-
рактеру приближается к исследовательским
научным моделям (инициативное введение
учениками двух селективных факторов, дей-
ствующих в противоположных направлени-
ях, привело к проявлению не классического
движущего отбора, а отбора на сбалансиро-
ванный полиморфизм).

Тем не менее, описанный прецедент
показывает, что инициативная и самостоя-
тельная разработка учебной модели стар-
шекклассниками² возможна. Анализ детских
отчетов показывает, что класс в ситуации
решения учебной задачи может вести и ощу-
щать себя как учебное сообщество, действу-
ющее совместно, осознанно и целенаправ-
ленно. Ученики способны вести дискуссию
без помощи учителя, неопределенно долго
удерживать цель, разбиваться на группы и
координировать совместную работу.

В процессе разработки учениками аб-
солютно новой модели учитель не может
находиться в привычной позиции знато-
ка. Его заинтересованность и положение
помощника, практически равноправного
участника совместной работы усиливают
вовлеченность учеников в решение задачи.
Работе учителя в этой ситуации ученики не

² При условии их многолетнего участия в совместно-распределенной учебной деятельности.

придают особенного значения, принимая его как одного из знающих и уместных равноправных членов сообщества. Об этом говорит незначительное количество упоминаний в детских отчетах о вмешательстве учителя в процесс.

Создавая учебную модель, ученики действуют субъектно, опираются на освоенные ими ранее ключевые предметные понятия, самостоятельно и инициативно предлагают содержательные гипотезы, выделяя предметные отношения, которые могут быть основой модели. Они осмысленно подбирают модельную форму и анализируют ее пригодность для моделирования конкретных отношений, отказываясь от непригодных вариантов. Рефлексивное отношение учеников к процессу моделирования проявляется в критических замечаниях по ходу процесса, в содержательных оценках его промежуточных и итоговых результатов.

Вмешательство учителя в этот процесс необходимо, только если ученики самостоятельно не удерживают существенные факты, которые должна отразить модель. В описываемом последнем случае такое вмешательство потребовалось однократно (введение неселективного фактора³). Иногда учитель осуществляет организационное вмешательство, например, координацию работы групп, поскольку видит весь класс, не участвуя в групповой работе. В данном случае такое вмешательство также было однократным.

Таким образом, можно зафиксировать, что на этапе старшей школы модель становится средством собственного исследующего действия учеников, что подтверждает более ранние гипотезы [1; 2]. Старшеклассники сами изобретают модельные средства, что позволяет им проявить собственное понимание, обеспечить взаимодействие в учебном сообществе.

Разумеется, процесс самостоятельно-го учебного моделирования занимает в 2—3 раза больше учебного времени, чем

направляемая учителем работа или, тем более, обучение с использованием готовых учебных моделей, в первую очередь потому, что тупиковых ходов, которые должны быть проиграны и отвергнуты, становится больше, чем в жестко управляемой или даже мягко направляемой ситуации. Однако результатом самостоятельного моделирования является не только готовая учебная модель, но и сам опыт самостоятельного мышления, действия и коммуникации [5]. В настоящее время активно дискутируется вопрос о результативности обучения подростков путем осуществления ими исследовательской деятельности [21; 25; 28]. Наши исследования показывают, что академическая результативность такого обучения высока, если содержание обучения выстроено как система учебных задач, порождающих не случайные, а определенные вопросы учеников, адекватные логике происхождения научных понятий [3; 11; 13]. Но, тем не менее, вопрос о том, на что важнее потратить учебное время: на самостоятельное открытие учениками ключевых понятий и приобретение опыта инициативного модельного исследования или на знакомство с многообразием частных фактов, остается не только вопросом об академической результативности обучения, но и вопросом о ценностях образования.

Выводы

1. Учебное моделирование в старшей школе может быть самостоятельным и инициативным действием учебного сообщества класса при условии предшествующего многолетнего обучения в форме учебной деятельности и предоставления классу на этом возрастном этапе возможности быть полноценным субъектом своей учебной деятельности.
2. Создаваемая классом учебная модель приобретает черты исследовательской.
3. Разрабатывая такую модель, ученики действуют, опираясь на освоенные

³ Важно, что этот момент не является необходимым для открытия естественного отбора, однако важен для более широкого и точного понимания микроэволюции.

ими ранее ключевые предметные понятия/ модели. Они способны изобретать новые модельные средства, анализировать пригодность знаково-символических форм для моделирования исследуемых предметных отношений.

4. Создаваемая самостоятельно модель становится для учеников не только средством фиксации предметных отношений для получения нового знания об изучаемом объекте, но и средством представления собственного понимания и средством орга-

низации предметной коммуникации с другими участниками учебно-исследовательского сообщества.

5. Осуществляя инициативное учебное моделирование, ученики практически без помощи учителя способны самостоятельно удерживать рамки задачи, контролировать процесс ее решения, координировать действия учебно-исследовательского сообщества, что можно считать высшим достижением возраста, то есть нормой возрастного развития.

Литература

1. Горбов С.Ф., Чудинова Е.В. Действие моделирования в учебной деятельности школьников (к постановке проблемы) // Психологическая наука и образование. 2000. Том 5. № 2. С. 96—110.
2. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. М.: ИНТОР, 1998. 544 с.
3. Зайцева В.Е., Чудинова Е.В., Минкин Д.И. Учебное моделирование микрорезволюции и его образовательные результаты // 1 сентября. Биология. 2016. № 11. С. 28—39.
4. Нежнов П.Г. Опосредствование и спонтанность в модели «культурного развития // Моделирование в условиях цифровизации образования: психолого-педагогические аспекты Вестник Моск. Ун-та. Серия 14, Психология. 2007. № 1. С. 133—146.
5. Нечаев Н.Н. Моделирование в условиях цифровизации образования: психолого-педагогические аспекты // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (ДНТЕ 2020): сб. материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 19—21 ноября 2020 г. / Под ред. М.Г. Сороковой, Е.Г. Дозорцевой, А.Ю. Шеманова. М.: Издательство ФГБОУ ВО МГППУ, 2020. С. 353—364.
6. Новлянская З.Н. Можно ли учить творчеству? О проявлениях детской инициативы в процессе развивающего обучения литературе // Вопросы психологии. 2022. Том 68. № 2. С. 111—123.
7. Обухова О.Л., Цукерман Г.А., Шибанова Н.А. В поисках субъекта учебной деятельности // Культурно-историческая психология. 2022. Том 18. № 4. С. 80—89. DOI:10.17759/chp.2022180408
8. Цукерман Г.А., Венгер А.Л. Развитие учебной самостоятельности. М.: Авторский клуб, 2015. 432 с.
9. Чудинова Е.В., Зайцева В.Е. Учебное моделирование и понимание текста // Культурно-историческая психология. 2014. Том 10. № 1. С. 44—53.
10. Эльконин Б.Д. Современность КИП как психологии развития: ключевые искомые, шаг, горизонт: Доклад на семинаре «Культурно-историческая психология и антропология: шаг развития» 17.02.2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=emYMI MJGvQ8&feature=youtu.be> (дата обращения: 19.02.2021).
11. Эльконин Б.Д., Воронцов А.Б., Чудинова Е.В. Подростковый этап школьного образования в системе Эльконина—Давыдова // Вопросы образования. № 3. 2004. С.118—142.
12. Эльконин Д.Б. Детская психология. М.: Академия, 2007. 384 с.
13. Учим понимать биологию. Коллективная монография / Авт.-сост. Е.В. Чудинова. М.: Некоммерческое партнерство «Авторский клуб», 2019. 216 с.
14. Aini R.Q. et al. Indonesian pre-service biology teachers' and biology education professors' views on evolution // Science & Education. 2020. Vol. 29. P. 713—741.
15. Aydın G. The effects of guided inquiry-based learning implementations on 4 th grades students and elementary teacher; a case study [Электронный ресурс] // Ilkogretim Online. 2020. Vol. 19. № 3. URL: <https://www.ilkogretim-online.org/fulltext/218-1596686433.pdf> (дата обращения: 09.11.2023).
16. Gennen T. Conceptual Change and Education: The Neglected Potential of Developmental Teaching Approaches // Human Development. 2023. Vol. 67. № 2. P. 88—107. DOI:10.1159/000530247
17. Gefaell J. et al. Acceptance and knowledge of evolutionary theory among third-year university students in Spain [Электронный ресурс] // PLoS One. 2020. Vol. 15. № 9. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0238345> (дата обращения: 07.11.2023).
18. Gillies R.M. Dialogic teaching in a Year 5 classroom during cooperative inquiry-based

science [Электронный ресурс] // International Journal of Educational Research Open. 2023. Vol. 5 / URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666374023000651> (дата обращения: 01.12.2023).

19. *Ginnobili S. et al.* Do What Darwin Did: How to Deal with Teleological Misconceptions in the Classroom // Science & Education. 2022. Vol. 31. № 3. P. 597—617.

20. *Hancock D. R. et al.* Doing case study research: A practical guide for beginning researchers. 2021. P. 144

21. *Jerrim J. et al.* The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England [Электронный ресурс] / URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475220301006> (дата обращения: 06.09.2023).

22. *Khikmiyah F.* Students' modelling in learning the concept of speed // Journal on Mathematics Education. 2012. Vol. 3. № 1. P. 87—98. DOI:10.22342/jme.3.1.618.87-98

23. *Klahn, V. L.* The Stories of Middle School Science Teachers' Teaching Evolution: A Narrative Inquiry (Thesis, Concordia University, St. Paul) [Электронный ресурс] / URL: https://digitalcommons.csp.edu/cup_commons_grad_edd/460 (дата обращения: 2.02.2023).

24. *Meekaew K., Yasri P.* MicroEvo: An Educational Game to Enhance High School Students' Learning Performance of Microevolution [Электронный

ресурс] / URL: https://www.ijcc.net/images/vol_13/lss_8/13_800d_Meekaew_2020_E_R.pdf (дата обращения: 10.03.2023).

25. *Libâneo, J.C. et al.* (in press). Presentation of the Theory of Developmental Teaching in Russia and Brazil: theoretical-conceptual and investigative issues. *Revista Educativa*. DOI:10.18224/educ.v25i1.13007

26. *Oliver M. et al.* The efficacy of inquiry-based instruction in science: A comparative analysis of six countries using PISA 2015 // Research in Science education. 2021. Vol. 51. P. 595—616.

27. *Ramasamy S.A., Zainal A.Z.* Facilitating the construction of knowledge collectively through dialog discourse: teacher's perspectives and practices in English language teaching // TEFLIN Journal. 2023. Vol. 34. № 1. P. 79—96.

28. *Sá-Pinto X. et al.* Following Darwin's footsteps: Evaluating the impact of an teasperactivity designed for elementary school students to link historically important evolution key concepts on their understanding of natural selection [Электронный ресурс] // Ecology and evolution. 2021. Vol. 11. № 18 / URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.7849> (дата обращения: 07.11.2023).

29. *Wen C.T. et al.* Students' guided inquiry with simulation and its relation to school science achievement and scientific literacy [Электронный ресурс] // Computers & Education. 2020. Vol. 149 / URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131520300324> (дата обращения: 01.12.2023).

References

1. Gorbov S.F., Chudinova E.V. Deistvie modelirovaniya v учебnoi deyatel'nosti shkol'nikov (k postanovke problemy) [The action of modeling in the learning activities of students (to the statement of the problem)]. *Psikhologicheskaya nauka i obrazovanie = Psychological Science and Education*, 2000. Vol. 5, no. 2, pp. 96—110. (In Russ.).

2. Davydov V.V. Teoriya razvivayushchego obucheniya [Developmental Learning Theory]. Moscow: Publ. INTOR, 1996. 544 p. (In Russ.).

3. Zaitseva V.E., Chudinova E.V., Minkin D.I. Uchebnoe modelirovanie mikroevolyutsii i ego obrazovatel'nye rezul'taty [Self-active modeling of microevolution and its educational outcomes]. 1 sentyabrya. *Biologiya* = 1 September. *Biology*, 2016, no. 11, pp. 28—39. (In Russ.).

4. Nezhnov P.G. Oposredstvovanie i spontannost' v modeli «kul'turnogo razvitiya» [Mediation and spontaneity in the model of "cultural development" (to the statement of the problem)]. *Vestnik Mosk. Un-ta = Bulletin of Moscow University*, series 14, psychology, 2007, no. 1, pp. 133—146. (In Russ.).

5. Nechaev N.N. Modelirovanie v usloviyakh tsifrovizatsii obrazovaniya: psikhologo-pedagogicheskie aspekty [Mediation and spontaneity in the model of "cultural development" (to the statement of the problem)]. *Tsifrovaya gumanitaristika i tekhnologii v obrazovanii (DHTE 2020)*: sb. materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. 19—21 noyabrya 2020 g. Pod red. M.G. Sorokovoi, E.G. Dozortsevoi, A.Yu. Shemanova. Moscow: Publ. FGBOU VO MGPPU, 2020, pp. 353—364. (In Russ.).

6. Novlyanskaya Z.N. Možno li učit' tvorchestvu? O proyavleniyakh detskoi initsiativy v protsesse razvivayushchego obucheniya literature Is it possible to teach creativity? [On the manifestation of children's initiative in the process of developing literature teaching]. *Voprosy psikhologii = Psychological Issues*, 2022. Vol. 68, no. 2, pp. 111—123. (In Russ.).

7. Obukhova O.L., Tsukerman G.A., Shibanova N.A. V poiskakh sub'ekta учебnoi deyatel'nosti [In Search of the Subject of Learning Activities]. *Kul'turo-istoricheskaya psikhologiya = Cultural-Historical Psychology*, 2022. Vol. 18, no. 4, pp. 80—89. DOI: 10.17759/chp.2022180408

8. Tsukerman G.A., Venger A.L. Razvitie uchebnoi samostoyatel'nosti [Development of learning autonomy]. Moscow: Publ. Avtorskii klub, 2015. 432 p. (In Russ.).
9. Chudinova E.V., Zaitseva V.E. Uchebnoe modelirovanie i ponimanie teksta [Learning Modeling and Text Comprehension]. *Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya = Cultural-Historical Psychology*, 2014. Vol. 10, no. 1, pp. 44—53. (In Russ.)
10. El'konin B.D. Sovremennost' KIP kak psikhologii razvitiya: klyuchevye iskomye, shag, gorizont: Doklad na seminare "Kul'turno-istoricheskaya psikhologiya i antropologiya: shag razvitiya" [The Modernity of CIP as Developmental Psychology: Key Findings, Step, Horizon: Presentation at the Seminar "Cultural-Historical Psychology and Anthropology: Step of Development"]. 17.02.2021 [Electronic resource]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=emYMI MJGvQ8&feature=youtu.be> (Accessed 19.02.2021). (In Russ.).
11. El'konin B.D., Vorontsov A.B., Chudinova E.V. Podrostkovyi etap shkol'nogo obrazovaniya v sisteme El'konina—Davydova [The adolescent stage of school education in the Elkonin-Davydov system]. *Voprosy obrazovaniya = Educational Issues*, 2004, no. 3, pp. 118—142. (In Russ.).
12. El'konin D.B. Detskaya psikhologiya [Child Psychology]. Moscow: Publ. Akademiya, 2007. 384 p. (In Russ.).
13. Uchim ponimat' biologiyu. Kollektivnaya monografiya [Learning to Understand Biology. Collective monograph]. Avt.-sost. E.V. Chudinova. Moscow: Nekommercheskoe partnerstvo "Avtorskii klub", 2019. 216 p. (In Russ.).
14. Aini R.Q. et al. Indonesian pre-service biology teachers' and biology education professors' views on evolution. *Science & Education*, 2020. Vol. 29, pp. 713—741.
15. Aydın G. The effects of guided inquiry-based learning implementations on 4 th grades students and elementary teacher; a case study [Electronic resource]. *Ilkogretim Online*, 2020. Vol. 19, no. 3. URL: <https://www.ilkogretim-online.org/fulltext/218-1596686433.pdf> (Accessed 09.11.2023).
16. Gefaell J. et al. Acceptance and knowledge of evolutionary theory among third-year university students in Spain [Electronic resource]. *PLoS One*, 2020. Vol. 15, no. 9. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0238345> (Accessed 07.11.2023).
17. Gennen T. Conceptual Change and Education: The Neglected Potential of Developmental Teaching Approaches. *Human Development*, 2023. Vol. 67, no. 2, pp. 88—107. DOI:10.1159/000530247
18. Gillies R.M. Dialogic teaching in a Year 5 classroom during cooperative inquiry-based science. *International Journal of Educational Research Open*, 2023. Vol. 5 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666374023000651> (Accessed 01.12.2023).
19. Ginnobili S. et al. Do What Darwin Did: How to Deal with Teleological Misconceptions in the Classroom. *Science & Education*, 2022. Vol. 31, no. 3, pp. 597—617.
20. Hancock D.R. et al. Doing case study research: A practical guide for beginning researchers, 2021. P. 144.
21. Jerrim J. et al. The relationship between inquiry-based teaching and students' achievement. New evidence from a longitudinal PISA study in England [Electronic resource]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959475220301006> (Accessed 06.09.2023).
22. Khikmiyah F. Students' modelling in learning the concept of speed. *Journal on Mathematics Education*, 2012. Vol. 3, no. 1, pp. 87—98. DOI:10.22342/jme.3.1.618.87-98.
23. Klahn V.L. The Stories of Middle School Science Teachers' Teaching Evolution: A Narrative Inquiry (Thesis, Concordia University, St.Paul) [Electronic resource]. URL: https://digitalcommons.csp.edu/cup_commons_grad_edd/460 (Accessed 2.02.2023).
24. Meekaew K., Yasri P. Micro Evo: An Educational Game to Enhance High School Students' Learning Performance of Microevolution [Electronic resource]. URL: https://www.ijcc.net/images/vol_13/Iss_8/13800d_Meekaew_2020_E_R.pdf (Accessed 10.03.2023).
25. Libâneo J.C. et al. (in press). Presentation of the Theory of Developmental Teaching in Russia and Brazil: theoretical-conceptual and investigative issues. *Revista Educativa*. DOI:10.18224/educ.v25i1.13007
26. Oliver M. et al. The efficacy of inquiry-based instruction in science: A comparative analysis of six countries using PISA 2015. *Research in Science education*, 2021. Vol. 51, pp. 595—616.
27. Ramasamy S.A., Zainal A.Z. Facilitating the construction of knowledge collectively through dialog discourse: teacher's perspectives and practices in English language teaching. *TEFLIN Journal*, 2023. Vol. 34, no. 1, pp. 79—96.
28. Sá-Pinto X. et al. Following Darwin's footsteps: Evaluating the impact of an teasperactivity designed for elementary school students to link historically important evolution key concepts on their understanding of natural selection [Electronic resource]. *Ecology and evolution*, 2021. Vol. 11, no. 18. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.7849> (Accessed 07.11.2023).
29. Wen C.T. et al. Students' guided inquiry with simulation and its relation to school science achievement and scientific literacy [Electronic resource]. *Computers & Education*, 2020. Vol. 149. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131520300324> (Accessed 01.12.2023).

Информация об авторах

Чудинова Елена Васильевна, кандидат психологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Психологический институт Российской академии образования» (ФГБНУ «ПИ РАО»), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3923-781X>, e-mail: chudinova_e@mail.ru

Зайцева Вера Евгеньевна, заслуженный учитель России, учитель биологии ГБОУ «Школа № 67», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: zaiceva@67sch.ru

Минкин Денис Игоревич, учитель биологии, ГБОУ «Школа № 67», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: mindenska@yandex.ru

Information about the authors

Elena V. Chudinova, PhD in Psychology, Leading Researcher, PIRAO, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3923-781X>, e-mail: chudinova_e@mail.ru

Vera Ye. Zaytseva, the honored teacher of Russian Federation, school 67, Moscow, Russia, e-mail: zaiceva@67sch.ru

Denis I. Minkin, biology teacher, school 67, Moscow, Russia, e-mail: mindenska@yandex.ru

Получена 13.03.2023

Received 13.03.2023

Принята в печать 29.02.2024

Accepted 29.02.2024