

Исследование индивидуальных понятийных структур школьников

Н. Р. Сидоров

кандидат психологических наук, заведующий лабораторией психологических проблем детей с девиантным поведением Московского городского психолого-педагогического университета

И. Н. Бондаренко

лаборант-исследователь лаборатории психологических проблем детей с девиантным поведением Московского городского психолого-педагогического университета

В статье описан оригинальный метод выявления понятийных структур, которые сформировались у учащихся общеобразовательных школ в результате их обучения тому или иному школьному предмету. Авторы исходят из того, что учитель в ходе работы передает своим ученикам как содержание научных понятий, так и соотношение последних, их взаимосвязь. Это и служит основанием для постановки задачи на выявление данных структур и их сравнение. В результате проведенного исследования была обнаружена и оценена структурированность индивидуальных систем понятий каждого ученика. Вместе с тем стало ясно, что степень совпадения понятийной структуры ученика с эталонной учительской структурой не является главным фактором оценки учебной успешности школьника. Данный психологический метод достаточно прост для его использования учителем в ходе своего урока. Получаемые результаты «хорошо читаются» в табличной и графической форме и могут применяться как для индивидуализации обучения, так и для анализа степени усвоенности тех или иных тем учебной программы классом в целом.

Ключевые слова: педагогическая психология, научные понятия, структура научных понятий, обучение в школе, полнота и точность знаний, метод проверки усвоения.

Проблема

Проблема формирования научных понятий в учебной деятельности школьников является едва ли не центральной для педагогической психологии. Она занимает значимое место в работах Л. С. Выготского, В. В. Давыдова, Н. Ф. Талызиной и многих других отечественных исследователей. Проблемам и процессам формирования систем научных понятий большое внимание уделяли Ж. Пиаже и Дж. Брунер. Многие найденные здесь психологические закономерности внедряются в педагогическую практику. Однако мы берем на себя смелость утверждать, что сегодня в активе школьного учителя нет метода, с помощью которого по ходу урока можно было бы оценить степень сформированности «в голове» учащегося структуры понятий изучаемых или изученных учебных тем.

Существующие фронтальные методы проверки знаний ориентированы, скорее, на проверку памяти школьников и их умений решать более или менее типовые задачи. Устные опросы чаще всего направлены на проверку усвоенности «вчерашнего» материала. Конечно, по ходу устного опроса ученика можно составить представление о системности его знаний, но только на интуитивном уровне. При этом все понимают, что пробелы в знаниях ученика или ошибки

в освоении им системы научных понятий приводят к непониманию всего материала школьного предмета и ко все возрастающей школьной неуспешности. А несвоевременное выявление учителем таких пробелов и ошибок снижает качество его профессиональной деятельности.

Данными обстоятельствами обусловлена актуальность создания такого достаточно простого метода выявления индивидуальной структуры научных понятий школьников, который нашел бы место в повседневной педагогической практике учителей-предметников.

Мы попытались сделать это, и предлагаем ниже исследование является дальнейшей разработкой темы, заявленной ранее как «Топография школьного знания» [3]. В той статье мы утверждали, что с учетом возрастных психологических особенностей школьников есть смысл в переводе на уровень непосредственного чувственного восприятия системы понятий, предуготовленной школьной программой к освоению учащимися. Мы говорили, что осуществили эту идею на материале школьного курса физики, и что весь набор понятий (выделенных по анализу стандартов, учебников, задачников и другой дидактической литературы) можно по-разному структурировать, взяв за основу разные системообразующие факторы. Проведенное в то время пилотажное исследование

дование показало наличие индивидуальных различий в структурах понятий не только учащихся, но и учителей, преподающих один и тот же предмет в классах одной и той же параллели.

Создание понятийных структур из заранее подготовленного набора элементов является не только увлекательным занятием, но и выполняет важную учебную функцию: Н. Ф. Талызина указывает, что научные понятия формируются у школьников «лишь в результате своей собственной деятельности». Одним из элементов такой деятельности являются «действия, связанные с установлением иерархических отношений внутри системы понятий» [5, с. 192–193].

В целом проблема состоит в том, что при всей важности педагогического контроля за состоянием индивидуальных понятийных структур школьников у учителя нет «технологизированного» эффективного метода выявления этих структур в предметном поле преподаваемой им учебной дисциплины.

Объектом нашего исследования были понятийные структуры школьников, а его предметом — индивидуальные особенности этих структур. В исследовании проверялась довольно простая гипотеза: структуры научных понятий, воссозданных успешными и неуспешными учениками из одного и того же набора элементов, значимо различаются между собой. И структуры понятий, созданные успешными учащимися, гораздо ближе по своей «топографии» к структуре понятий, сформированной учителем. (Вопросы об адекватности «учительской» структуры современному состоянию научных представлений и об отчетливости ее презентации учащимся остались за рамками настоящего исследования.) Мы сформулировали постулат, что учитель — в явной или неявной форме — передает ученикам структуру понятий и оценивает их школьную успешность по тому, насколько полно и точно они воспроизводят структуру, задающую связи между изучаемыми на уроках понятиями.

Цель работы помимо проверки гипотезы состояла еще и в апробации предлагаемой нами методики, в возможности ее применения учителем с учетом ограничений, накладываемых классно-урочной традицией.

Надо сказать, что не мы первыми занялись экспериментальным исследованием, как школьники структурируют учебный материал. Для нас большой интерес представляют работы А. Ю. Терехиной в области индивидуальных семантических пространств [4; 6]. Базовая идея этих исследований — если говорить в самом общем виде — состоит в том, что, во-первых, знание индивида в той или иной конкретной предметной области представляет собой системно организованное множество усвоенных им понятий; во-вторых, метод многомерного шкалирования позволяет построить модель субъективной картины организации знания; в-третьих, у разных людей структуры их знания в одной и той же предметной области будут различаться, и степень приближения субъ-

ективной структуры к объективному положению дел есть функция от обучения [4].

В ходе одного из экспериментальных исследований А. Ю. Терехиной [6] испытуемому предъявлялись пары понятий для того, чтобы он оценил степень смысловых различий между ними в баллах. По ходу эксперимента пары предъявляются в случайном порядке, но так, чтобы понятия в них сочетались по схеме «каждое с каждым». Полученные в исследовании субъективные оценки подвергаются затем математической обработке методом многомерного шкалирования. Окончательный результат оформляется как точечный график, где точками обозначаются понятия, а взаимное расположение точек этого графика отражает субъективное расстояние между понятиями так, как это представляет себе испытуемый. И таким образом презентуется структура его понятий или, иначе, индивидуальное семантическое пространство. Надо подчеркнуть, что оно графическим способом презентуется именно в виде «топографической съемки», как «топографический план».

Это исследование подтвердило принципиальную возможность выявления структуры знаний школьников по отдельному учебному предмету и представления результатов в виде математической (геометрической) модели, в виде образа. И далее делается важный для педагогической практики вывод: «Изучение психологических расстояний... и построение семантического пространства слушателя методами многомерного шкалирования является адекватным инструментом для анализа знаний и выявления неувоенных понятий» [6, с. 142]. «Неувоенных», заметим, в том смысле, что они «выпадают» из системы, структурным элементом которой должны были быть.

Здесь надо пояснить, что данное исследование проводилось А. Ю. Терехиной на материале понятий языка программирования Фортран, и в нем, помимо прочего, сравнивалась успешность выполнения экспериментальной задачи квалифицированными программистами (одна группа испытуемых) и школьниками, обучающимися программированию (вторая группа). Но важно, что предложенная экспериментальная схема позволяет провести аналогичное исследование на материале любого другого предметного поля, в том числе и из учебного плана общеобразовательной школы.

При всей продуктивности данной экспериментальной схемы для решения исследовательских задач она едва ли применима в повседневной деятельности школы из-за длительности испытаний и необходимости сложной математической обработки результатов последних. А педагогам необходим простой экспресс-метод выявления индивидуальных семантических структур школьников для оптимизации индивидуально ориентированного обучения.

Ввиду этих естественных для школьной практики требований мы предложили изменить задачу: не оценивать саму по себе структуру индивидуального семантического пространства школьника, а сравнивать

ее с той структурой знаний, которую предлагает учитель в рамках преподавания своего предмета.

Исследование проводилось на материале школьного предмета «Биология» по курсу десятого класса. Выбор пал именно на этот школьный предмет потому, что в успешности его усвоения, по сравнению с другими школьными предметами, овладение *знанием* играет более важную роль, чем выработка *умений и навыков*. (Этого нельзя сказать, например, о школьной математике, где умение решать задачи является одним из основных факторов успешности учащегося.) К тому же в предметном поле биологии хорошо проработан понятийный и категориальный аппарат, что в определенном смысле облегчает решение задачи по апробации нового метода, который мы назвали «Семантический пасьянс».

Метод

В исследовании приняли участие учащиеся специальной общеобразовательной школы для детей с девиантным поведением № 10 СВОУО, массовой общеобразовательной школы № 352, колледжа ВГИКа. Всего в исследовании приняли участие 69 десятиклассников из указанных образовательных учреждений.

Для проведения экспериментального исследования до его начала нами были подготовлены следующие материалы.

- Совместно с учителем были определены пять учебных тем, уже изученных школьниками, затем были выбраны научные понятия, которые изучались в рамках выбранных тем. Всего таких понятий было 30. Этот перечень был дополнен понятиями, которые не были знакомы школьникам (7 понятий).

- Учителем биологии из этих понятий были сформированы, а нами зафиксированы их структуры отдельно для каждой темы. Таким образом была создана эталонная система понятий (табл. 1). Предположительно именно эту систему понятий учитель передавал ученикам на своих уроках как целостное знание по предмету.

- Каждое из понятий было напечатано на отдельной карточке размером 10,5 × 7,5 см (1/8 часть листа А4). В руках у школьника перед началом испытания было 37 карточек, на каждой из которых напечатано одно отдельное понятие. Еще 6 карточек (на пяти из них были напечатаны названия тем и на одной слова «Незнакомые понятия») перед началом испытания выкладывались на плоскость стола.

- Перед началом исследования учитель проранжировал своих учеников по признаку успешности в овладении материалом по биологии на его уроках. Получившиеся подгруппы условно были обозначены нами как «двоечники», «троечники», «хорошисты», «отличники».

Инструкция испытуемому.

«Мы просим Вас принять участие в научном эксперименте, который проводит Московский городской психолого-педагогический университет. Мы исследуем, как устроена структура знания по БИОЛОГИИ. Поэтому просим Вас выполнить следующую работу.

Перед Вами на столе лежат карточки (6 штук).

(Перечислены названия групп).

Это названия групп.

Из большой стопки с научными понятиями надо брать по одной карточке и располагать их под той группой, к которой они подходят по смыслу.

В этой стопке есть понятия, которые Вам не знакомы или не подходят ни к одной из групп. В этом случае — положите их в группу «Незнакомые понятия».

Все понятно? Можно начинать».

Каждое испытание проводилось в индивидуальном порядке, и каждое из них занимало от четырех до семи минут. Результаты работы испытуемого фиксировались в протоколе после окончания испытания, но какие-то особенности хода его работы отражались в протоколе еще в ходе испытания.

Результаты каждого испытуемого сравнивались с эталоном, сформированным учителем, по параметрам *Полнота* и *Точность* для каждой темы отдельно. *Полнота* вычислялась как отношение правильных выборов испытуемого к количеству возможных правильных выборов по этой теме. Спектр возможных числовых значений данного параметра от 0 до 1,0. Если в какую-то тему испытуемый не положил ни одной «правильной» карточки, то *Полнота* его структуры для данной темы равна 0; если он поместил в тему все «правильные» карточки, то *Полнота* равна 1,0; если же он, например, поместил туда только половину из возможных «правильных» карточек, то *Полнота* равна 0,5. *Точность* вычисляется как отношение числа карточек, совпадающих с эталоном, к числу всех выложенных им в какую-то тему карточек. То есть чем больше «лишних» карточек испытуемый поместил в какую-то тему, тем ниже точность созданной им структуры понятий. По параметру *Точности* числовые значения так же варьируют от 0 до 1,0.

Таблица 1

Эталонная структура научных понятий по биологии в X классе

Клетка	Размножение	Наследственность	Изменчивость	Селекция	Незнакомые понятия
Биополимеры	Эмбриология	Аллель	Норма реакции	Гетерозис	Мимикрия
Денатурация	Митоз	Ген	Мутации	Одомашнивание	Дивергенция
Мембрана	Мейоз	Гомозигота	Модификации	Мутагенез	Конвергенция
Рибосома	Бластула	Гетерозигота	Инверсия	Гибридизация	Рудименты
Митохондрия	Гастрюла	Генотип	Делеции	Сорт	Атавизмы
Включения	Онтогенез	Фенотип		Порода	Продуценты
	Нейрула				Консументы

Результаты

Пример выполнения задания испытуемым А. А. приводится в табл. 2. В ней понятия, исполненные курсивом, помещены испытуемым в структуру понятий данной темы «сверх нормы», они лишние и снижают точность его структуры по сравнению с эталоном.

Эти же результаты могут быть представлены в графической форме (рис. 1):

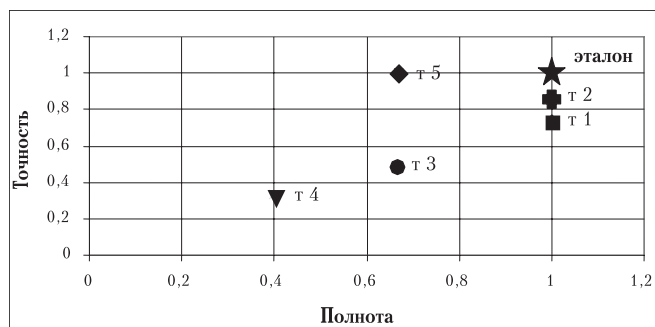


Рис. 1. Результат выполнения задания испытуемым А. А. по пяти исследуемым темам (т1 – клетка, т2 – размножение, т3 – наследственность, т4 – изменчивость, т5 – селекция) в сравнении с эталоном

По нашему мнению, данная диаграмма дает *очевидную* информацию о том, с какой степенью успешности этот ученик усвоил разные темы: наиболее близки к эталону усвоенные им структуры понятий по темам 2 и 1, наименее – по теме 4. Само испытание продолжалось 3 минуты, чуть больше времени заняла обработка результатов этого испытания.

Результаты всех испытуемых были подвергнуты кластерному анализу, и в итоге довольно отчетливо определились четыре группы испытуемых по уровню их успешности (табл. 3).

Для проверки первой части выдвинутой нами гипотезы (структуры научных понятий, воссозданных успешными и неуспешными учениками из одного и того же набора элементов, значимо различаются между собой) мы сравнили результаты испытаний наименее успешных (I уровень) и наиболее успешных (IV уровень) учащихся по каждой теме отдельно. Результаты приводятся в табл. 4 и рис. 2. Следует

Распределение испытуемых по уровням успешности

Таблица 3

Уровень успешности	I	II	III	IV
Показатели				
Полнота (среднее)	0,22	0,37	0,41	0,65
Точность (среднее)	0,25	0,46	0,63	0,76
Число испытуемых, чел.	18	25	16	10

Сравнение результатов испытаний наиболее и наименее успешных учеников

Таблица 4

Уровень успешности	I		IV	
	Полнота	Точность	Полнота	Точность
Клетка	0,44	0,45	0,7	0,8
Размножение	0,17	0,3	0,7	0,8
Наследственность	0,2	0,24	0,6	0,8
Изменчивость	0,22	0,18	0,6	0,5
Селекция	0,08	0,1	0,6	0,9

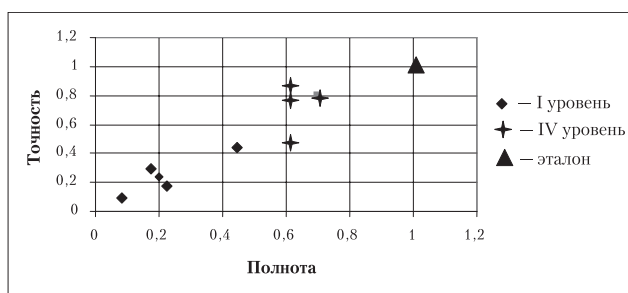


Рис. 2. Сравнение результатов испытаний наименее успешных (I уровень) и наиболее успешных (IV уровень) учащихся с эталоном. Сравнение проводилось отдельно по каждой теме

заметить, что, поскольку цифры показателей *Полноты* и *Точности* учащихся IV группы успешности по темам 1 и 2 совпадают, на рис. 2 они «наложились» друг на друга.

Для проверки второй части нашей гипотезы (структуры понятий, созданных успешными учащимися, гораздо ближе по своей «топографии» к структуре понятий, сформированной учителем) мы срав-

Протокол испытания учащегося А. А. (X класс)

Таблица 2

Клетка (т1)	Размножение (т2)	Наследственность (т3)	Изменчивость (т4)	Селекция (т5)	Незнакомые понятия
Биополимеры	Эмбриология	Аллель	Норма реакции	Одомашнивание	Дивергенция
Денатурация	Митоз	Ген	Модификации	Гибридизация	<i>Гомозигота</i>
Мембрана	Мейоз	Генотип	<i>Конвергенция</i>	Сорт	<i>Мутагенез</i>
Рибосома	Бластула	Фенотип	<i>Атавизмы</i>	Порода	
Митохондрия	Гастрюла	<i>Делеции</i>	<i>Рудименты</i>		
Включения	Онтогенез	<i>Инверсия</i>	<i>Мимикрия</i>		
<i>Консументы</i>	Нейрула	<i>Гетерозис</i>			
<i>Продуценты</i>	<i>Гетерозигота</i>	<i>Мутации</i>			
Полнота: 1 Точность: 0,75	Полнота: 1 Точность: 0,88	Полнота: 0,67 Точность: 0,5	Полнота: 0,4 Точность: 0,33	Полнота: 0,67 Точность: 1	

Длительность испытания: 3 мин.

нили, с одной стороны, суждения учителя по поводу успешности того или иного учащегося и, с другой стороны, результаты кластерного анализа по параметру успешности учащихся в воспроизведении эталонной структуры (табл. 5).

Иными словами, учитель говорит о 13 двоечниках, а учащихся I-го уровня успешности 18; учитель называет 42 троечника, статистический анализ показывает 25; для учителя есть 11 хорошистов и 3 отличника, статанализ дает числа 15 и 10 соответственно. Интересно, что среди «двоечников» учителя оказались 4 человека, достаточно успешно справившихся с испытанием, а один «отличник» оказался совсем неуспешным.

Но гораздо важнее другое: *только один ученик из 69 воспроизвел абсолютно успешно по полноте и точности эталонную структуру двух (!) тем из пяти.* Хотя теоретически абсолютно успешных воспроизведений понятийных структур по темам могло быть 345.

Обсуждение

Первое, что стоило бы отметить, — апробация предложенного нами метода в условиях классно-урочной системы прошла успешно. В силу того что через эту процедуру прошли индивидуально 69 учеников трех разных образовательных учреждений, можно считать, что цель проверки работоспособности методики была нами достигнута. В этом смысле оказывается важным, что определенная часть исследования была проведена *самим учителем*. Разница между работой учителя и работой психологов заключалась только в том, что при осуществлении испытаний учителем ученики работали чуть-чуть медленнее.

Нами были получены 69 индивидуальных структур научных понятий, созданных из одного и того же набора элементов, в табличной и графической формах, что позволило сравнить эти структуры по параметрам полноты и точности (в сравнении с эталоном). Как было отмечено выше, кластерный анализ дал возможность выделить четыре группы учащихся, различающихся по степени успешности работы (степень приближения к эталону). Надо подчеркнуть, что эти группы достаточно компактны и хорошо дифференцированы. Особенный интерес представляют результаты учеников, составивших III группу: по параметру полноты их результаты не имеют ста-

статически значимых различий с результатами учеников II группы ($U = 146,0; p \leq 0,15$), зато по параметру точности уровень значимости различий такой, что коэффициент значимости содержит шесть нулей после запятой. Среднее значение точности структур, сформированных учениками III группы, приближается к среднему значению точности структур учеников IV группы. А это, по нашему мнению, интереснейший феномен: школьники-«хорошисты» по полноте своих знаний мало отличаются от школьников-«троечников», зато точность их знания и аккуратность изложения приближает их к школьникам-«отличникам».

Результаты настоящего исследования показали, что *подавляющее большинство исследованных учащихся не могут успешно воспроизвести структуру знания, которую учитель стремится им передать на своих уроках*. В нашем случае более или менее полно и точно передают структуру понятий по биологии только 14,5 % учеников. Числовые значения либо *Полноты*, либо *Точности* менее 0,25 и ниже по любой теме мы считали неудовлетворительными: вхождение в структуру понятий только одного элемента из каждых четырех необходимых или количество верных ответов, составляющее только одну четверть, отражают, действительно, неудовлетворительное положение дел. Восемь учащихся (11,6 % всех опрошенных) показали неудовлетворительный результат в трех темах из пяти; еще восемь учащихся продемонстрировали такой же результат в четырех темах из пяти; один учащийся показал неудовлетворительные результаты по всем пяти темам. То есть четверть учащихся (11,6 % + 11,6 % + 1,4 % = 24,6 %) продемонстрировали неудовлетворительный результат в структурировании предложенных им понятий из курса биологии.

Причины указанного положения дел могут быть самыми разнообразными: от недостаточной организации учебной деятельности школьников до методических ошибок преподавателя — для их выяснения требуется дополнительное целевое исследование. Мы предлагаем к обсуждению одну из возможных причин: несовпадение кодирующих систем (Дж. Брунер) учителя и учащихся. Конкретно это означает, что учитель, свободно оперируя понятиями высшей степени обобщения, предполагает наличие такого же умения у своих учеников, но ошибается, и эта ошибка не позволяет сформироваться необходимой структуре научных понятий «в головах» большинства учащихся.

Таблица 5

Сравнение суждений учителя об успешности обучающихся и их действительной успешности по воспроизведению учительского эталона

По мнению учителя		По степени успешности воспроизведения эталона			
Категория	Число	I уровень	II уровень	III уровень	IV уровень
«Двоечники»	13	4	5	4	-
«Троечники»	42	11	16	11	4
«Хорошисты»	11	3	3	1	4
«Отличники»	3	-	1	-	2

Выводы

1. Предложенный метод позволяет выявить индивидуальную структуру научных понятий школьников в рамках предметной области конкретной учебной дисциплины и оценить степень ее приближения к эталонной структуре по параметрам полноты и точности.

2. Предложенный метод достаточно прост как по процедуре, так и по способам обработки результатов; он не требует много времени и доступен для самостоятельного проведения учителем в ходе урока. Полученные результаты могут учитываться как для реализации индивидуального подхода в обучении, так и в качестве обратной связи о сравнительной успешности усвоения классом тех или иных тем программы.

3. Гипотеза исследования подтвердилась частично.

Оказалось возможным провести сравнение индивидуальных понятийных структур, составленных школьниками из одинаковых элементов, и на этой основе провести сравнение степени успешности школьников.

В нашем исследовании объективным критерием успешности являлась степень приближения понятийных структур учащихся к структуре научных понятий, сформированной их учителем. Однако оказалось, что учитель, прекрасно понимавший идею и гипотезу исследования, сам активно принимавший участие в его проведении, субъективно оценивает успешность своих учеников по каким-то другим критериям. В этих его субъективных критериях нашлось место и степени сформированности у учеников «правильной» структуры знания, но это место не было первым. То есть наш исходный постулат не подтвердился.

Литература

1. Брунер Дж. Психология познания. М., 1977.
2. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. М., 1996.
3. Сидоров Н. Р. Топография школьного знания // Прикладная психология. 1998. № 3.
4. Соколов Е. Н., Терехина А. Ю., Ребрик С. Б. Геометрическая модель структуры знания // Вопросы психологии. 1986. № 6.
5. Талызина Н. Ф. Педагогическая психология. М., 1998.
6. Терехина А. Ю. Структура знаний о языке программирования // Вопросы психологии. 1988. № 4.

Research on Individual Structures of Concepts in Pupils

N. P. Sidorov

PhD in Psychology, the head of the Laboratory of Psychological Problems of Children with Deviant Behavior,
Moscow State University of Psychology and Education

I. N. Bondarenko

Research fellow at the Laboratory of Psychological Problems of Children with Deviant Behavior,
Moscow State University of Psychology and Education

The article describes original method of revealing structures of concepts that were formed in pupils as the result of learning certain school subjects. The authors assume that a teacher communicates the contents of scientific concepts alongside with their interrelations. This statement was used to formulate the task for revealing these structures and comparing them. The research made it possible to outline and assess structuredness of individual systems of concepts in each pupil. Thus it became evident that the extent of compliance of a pupil's system of concepts with a teacher's one cannot be considered the main factor of educational achievement assessment. The diagnostics results are easily read as a table or a graph and can be used for individualization of education as well as for assessment of the mastering a certain study topic with the whole class.

Key words: educational psychology, scientific concepts, structure of scientific concepts, school education, completeness and accuracy of knowledge.

References

1. Bruner Dzh. Psihologiya poznaniya. M., 1977.
2. Davydov V. V. Teoriya razvivayushego obucheniya. M., 1996.
3. Sidorov N. R. Topografiya shkol'nogo znaniya // Prikladnaya psihologiya. 1998. № 3.
4. Sokolov E. N., Terehina A. Yu., Rebrik S. B. Geometricheskaya model' struktury znaniya // Voprosy psihologii. 1986. № 6.
5. Talyzina N. F. Pedagogicheskaya psihologiya. M., 1998.
6. Terehina A. Yu. Struktura znaniy o yazyke programirovaniya // Voprosy psihologii. 1988. № 4.