

УДК 372.851:378.14

ТЕХНОЛОГИЯ МОНИТОРИНГА ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА ОСНОВЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Суховиенко Е.А.

*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет»,
Челябинск, e-mail: suhovienko@mail.ru*

В статье обоснована необходимость мониторинга, направленного на повышение эффективности работы учителя математики по развитию готовности учащихся основной школы вычленять математические аспекты из реальных ситуаций. Представлена технология разработки и применения средств мониторинга формирования математической грамотности школьников. К концептуальным положениям технологии относятся органичное включение мониторинга в естественный процесс обучения математике, обеспечение учителя средствами мониторинга формирования математической грамотности, приоритет возможностей математического материала и опора на требования Федерального государственного образовательного стандарта при отборе содержания заданий, а также обучающий характер мониторинга, предполагающий обязательный систематический разбор диагностических заданий с учетом результатов обработки данных мониторинга. Описаны технологические процедуры разработки спецификации диагностических работ на основе федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования, разработки их содержания путем модификации традиционных упражнений курса математики основной школы. Представлен пример диагностической работы по теме «Действия с обыкновенными дробями». Показаны разработка и применение электронного журнала учета сформированности математической грамотности учащихся. Приведены экспериментальные данные, достоверность которых показана с помощью применения статистических методов, подтверждающие эффективность разработанной технологии мониторинга формирования математической грамотности.

Ключевые слова: обучение математике, математическая грамотность, мониторинг, технология, универсальные учебные действия, электронный журнал учета сформированности математической грамотности

Статья выполнена в рамках научно-исследовательской работы на тему «Мониторинг формирования математической грамотности обучающихся основной школы» по договору от 01.08.2022 г. № 16-620.

TECHNOLOGY OF MONITORING FORMATION OF MATHEMATICAL LITERACY OF STUDENTS ON THE BASIS OF THE FEDERAL STATE EDUCATIONAL STANDARD OF BASIC GENERAL EDUCATION

Sukhovienko E.A.

South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: suhovienko@mail.ru

The article substantiates the need for monitoring aimed at improving the efficiency of the work of a mathematics teacher in developing the readiness of primary school students to isolate mathematical aspects from real situations. The technology for the development and application of monitoring tools for the formation of mathematical literacy of schoolchildren is presented. The conceptual provisions of the technology include the organic inclusion of monitoring in the natural process of teaching mathematics, providing the teacher with monitoring tools for the formation of mathematical literacy, the priority of the possibilities of mathematical material and reliance on the requirements of the Federal State Educational Standard when selecting the content of tasks, as well as the educational nature of monitoring, which implies obligatory systematic analysis of diagnostic tasks, taking into account the results of processing monitoring data. Technological procedures for developing specifications for diagnostic work based on the federal state educational standard for basic general education, developing their content by modifying traditional exercises in the basic school mathematics course are described. An example of a diagnostic work on the topic "Actions with ordinary fractions" is presented. The development and application of an electronic journal for recording the formation of mathematical literacy of students is shown. Experimental data are presented, the reliability of which is shown using statistical methods, confirming the effectiveness of the developed technology for monitoring the formation of mathematical literacy.

Keywords: teaching mathematics, mathematical literacy, monitoring, technology, universal educational activities, logbook of the formation of mathematical literacy

В Концепции развития математического образования в Российской Федерации говорится, что успех нашей страны в XXI в., развитие экономики, обороноспособность, создание современных технологий зависит от уровня математической науки, математи-

ческого образования и математической грамотности населения [1].

Математическая грамотность рассматривается в документах PISA-2021 как способность человека мыслить математически, формулировать, применять и интерпре-

тировать математику для решения задач в разнообразных практических контекстах, которая помогает людям в понимании роли математики в мире и принятии обоснованных решений [2]. Математическая грамотность включает понятия, процедуры, факты и средства для описания, объяснения и предсказания явлений.

Формирование математической грамотности учащихся требует регулярного отслеживания уровня ее сформированности, что предполагает создание системы мониторинга формирования математической грамотности [3].

В рамках Национального проекта «Образование» реализуется инновационный проект Министерства просвещения РФ «Мониторинг формирования функциональной грамотности», предусматривающий разработку и апробацию учебно-методических материалов для формирования и оценки функциональной грамотности обучающихся и постепенное введение мониторинга. В настоящее время в рамках проекта проводятся разовые мониторинговые мероприятия с последующим анализом и обобщением, результатом которых является оценка сформированности математической грамотности обучающихся. Такой внешний мониторинг является мониторингом состояния и служит для сбора информации об уровне математической грамотности в масштабах страны. Этот мониторинг не обладает свойством регулярности и поэтому не может оказать существенную помощь учителю в повседневной работе по формированию математической грамотности. Необходим мониторинг параметров, результаты которого будут иметь смысл для индивидуального использования учителем математики.

Нами выявлена как недостаточность средств реализации мониторинга математической грамотности, так и исследований, направленных на разработку таких средств. В условиях разнообразия учебников и программ по математике необходимо создание системы мониторинга математической грамотности, применимой к различным учебным комплексам. Чтобы обеспечить курс математики основной школы средствами мониторинга формирования математической грамотности, необходима технология разработки и применения средств мониторинга формирования математической грамотности учащихся.

Цель исследования – создание технологии мониторинга, реализация которой позволит учителю математики эффективно формировать математическую грамотность обучающихся основной школы, разработка

средств реализации этой технологии и проверка ее эффективности.

Материалы и методы исследования

Под технологией мониторинга математической грамотности учащихся мы понимаем систему технологических процедур проектирования и разработки средств и методов, реализация которых обеспечивает устойчивую, гарантированную эффективность деятельности учителя по формированию математической грамотности. Описание технологии предполагает раскрытие всех ее основных характеристик, что делает возможным ее воспроизведение.

Концептуальную часть технологии мониторинга формирования математической грамотности учащихся составляют следующие положения:

– целью мониторинга является предоставление учителю возможности регулярно отслеживать процесс формирования математической грамотности;

– мониторинг формирования математической грамотности должен пронизывать курс математики насколько возможно;

– средства мониторинга должны стимулировать учителя к формированию математической грамотности школьников;

– учитель должен быть максимально обеспечен средствами мониторинга – диагностическими заданиями и средствами обработки информации;

– обучающий характер предполагает проведение коррекционной работы на основе результатов обработки диагностических данных;

– при разработке заданий для диагностики математической грамотности исходным пунктом являются в первую очередь возможности математического материала;

– в качестве целевых ориентиров формирования математической грамотности необходимо использовать Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (ФГОС ООО) [4];

– задания могут составляться за счет модификации традиционных задач, в том числе из учебников математики.

Технология мониторинга математической грамотности включает создание спецификации измерительных материалов, разработку заданий с их привязкой к конкретным темам школьного курса математики и средств для обработки данных мониторинга.

Для разработки спецификации средств мониторинга математической грамотности потребовалось описать содержательную и деятельностную характеристику резуль-

татов обучения математике, которые определяются ФГОС ООО [4]. Л.О. Рослова [5] связала с формированием математической грамотности проблемы, решение которых требует владения универсальными учебными действиями (УУД), отвечающими за умение распознавать, что дано, а что надо найти, понимание сути математического моделирования (как перейти от реального объекта к его математической модели), умения составлять план, алгоритм действий, придерживаться составленного плана.

Анализ ФГОС ООО [4] позволил выявить УУД, соответствующие содержанию математической грамотности. Поэтому при создании мониторинга математической грамотности мы опирались на исследование мониторинга формирования универсальных учебных действий в процессе обучения математике, представленное в статье [6]. Мы полагаем именно выявленные УУД индикаторами сформированности математической грамотности. Мы отделяем знание собственно математического материала от умения применять математику в решении практико-ориентированных задач, а именно оно предполагает выполнение учеником универсальных учебных действий.

Нами был проведен анализ содержания курса математики основной школы, направленный на выявление его возможностей для формирования и диагностики математической грамотности обучающихся. В результате анализа были выявлены темы, позволяющие реализовать мониторинг формирования математической грамотности. Например, в курсе математики 6 класса математический материал практически всех тем, а именно «Делимость чисел», «Сложение и вычитание обыкновенных дробей», «Умножение и деление обыкновенных дробей», «Отношения и пропорции», «Положительные и отрицательные числа», «Координаты на плоскости», позволяет применять задания для диагностики математической грамотности. Исключение составляет только тема «Действия с положительными и отрицательными числами».

Л.О. Денищева и др. [7] описывают особенности конструирования заданий для оценки математической грамотности. К этим особенностям они относят, во-первых, замену учебных задач практическими, представленными в некотором контексте, подчеркивая требования нетривиальности и актуальности содержания задачи. Во-вторых, выполнение задания предполагает осуществление всех этапов работы над проблемой от формулирования проблемы на языке математики, через по-

иск и осуществление ее решения, до интерпретации результата. В структуру задания должен входить вводный текст мотивирующего характера, а формулировка вопроса должна создавать проблемную ситуацию, разрешение которой потребовало бы от ученика выполнения нескольких предметных и/или метапредметных действий. Заметим, что в статье Л.О. Денищевой и др. [7] описаны особенности задач для диагностики математической грамотности, а не способы их конструирования, в то время как основные трудности возникают именно при составлении подобных заданий.

Мы полагаем одним из способов создания заданий модификацию традиционных упражнений с выделением у каждого задания перечня УУД, которые выполняются при его решении. Набор УУД индивидуален для каждой задачи, но в комплексе все составленные задачи охватывают необходимый набор УУД, который можно формировать в процессе обучения математике. После составления системы заданий для каждого года обучения она сопоставлялась со списком УУД из ФГОС ООО (таблица). Если какое-то универсальное учебное действие не диагностировалось ни одной из проверочных работ, мы искали возможность составления практико-ориентированного задания для оценки этого УУД, но в случае неудачи исключали соответствующее УУД из состава математической грамотности соответствующего года обучения.

Рассмотрим пример составленной нами диагностической работы. В учебнике Н.Я. Виленкина и др. [8] нами была обнаружена задача 383: «Новая машина может выкопать канаву за 8 ч, а старая – за 12 ч. Новая машина работала 3 ч, а старая 5 ч. Какую часть канавы осталось выкопать?» После ее переработки получилась следующая диагностическая работа (рис. 1).

Чтобы стимулировать учителя использовать средства мониторинга, мы считаем необходимым свести к минимуму затраты времени на обработку результатов.

Для анализа результатов контрольных мероприятий мониторинга мы разработали электронный журнал в Microsoft Office Excel. В журнале каждой диагностической работе соответствует вкладка, в которой учитель после выполнения учениками диагностической работы вносит результаты выполнения каждого задания (1 балл – задание выполнено, 0 баллов – задание не выполнено) (рис. 2). В правой части таблицы автоматически вычисляются результаты сформированности отдельных УУД, входящих в математическую грамотность.

Соответствие заданий диагностической работы по теме «Действия с обыкновенными дробями» универсальным учебным действиям из ФГОС ООО

УУД	Номера заданий, диагностирующих УУД
Выявление противоречий и закономерностей в данных	3, 6, 7
Выявление дефицита информации для решения задачи	4, 5, 6, 14
Умение учитывать контекст	1, 4, 5, 6, 8
Индуктивные и дедуктивные умозаключения	1, 3, 4, 6, 7, 8
Выбор способа решения задачи путем сравнения разных вариантов решения	10, 11, 12, 13
Составление алгоритма решения задачи	7, 9, 10, 11, 12, 13
Умение аргументировать и обосновывать свою позицию	1, 4, 1
Способность принимать задачу	1, 3, 12, 1, 14
Контролировать и оценивать свои действия, вносить соответствующие коррективы в их выполнение	3, 8, 12, 13
Владеть способами самоконтроля и рефлексии	3, 9, 12, 13

Из-за роста числа заказов владелец предприятия закупил новую производственную линию. Оборудование может работать круглосуточно. На изготовление одной партии товара на старой производственной линии уходило 12 часов, а на новой – 8 часов.

1. Зачем владелец закупил новую производственную линию?
2. Сколько партий товара может изготовить старая производственная линия за сутки? Новая производственная линия за сутки?
3. Верно ли, что новая линия работает быстрее, чем старая? Что старая линия производит больше товара за час?
4. У какой производственной линии производительность больше – у старой или у новой? Объясни свой ответ.
5. Что такое производительность?
6. Верно ли, что скорость работы и производительность одно и то же?
7. Как найти производительность старой линии? Новой линии? Чему равна производительность старой и новой линии?
8. В каких единицах измеряется производительность?
9. На сколько больше производительность новой производственной линии, чем старой?
10. На сколько процентов больше производительность новой линии по сравнению со старой?
11. На сколько больше партий товара можно изготовить на новом оборудовании, чем на старом, за 10 суток? Придумай два способа решения.
12. Если старое и новое оборудование будут какое-то время работать вместе (до демонтажа старого), то сколько времени займет у них изготовление одной партии товара?
13. Старое и новое оборудование работали вместе 4 часа, затем старое оборудование остановили из-за поломки. Сколько часов понадобится новому оборудованию, чтобы завершить изготовление одной партии товара? Сколько минут?
14. За счет чего окупаются затраты при замене нового оборудования старым?

Рис. 1. Диагностическая работа по теме «Действия с обыкновенными дробями»

Журнал мониторинга позволяет учителю просмотреть результаты каждого учащегося по каждой диагностической работе, результаты каждого учащегося по каждому УУД внутри данной работы. Аналогичные результаты

могут быть получены для всего класса (по диагностической работе и по УУД). Для наглядности ячейки с результатами мониторинга окрашены в зависимости от уровня сформированности математической грамотности.

Ученик	Результаты диагностической работы по теме «Действия с обыкновенными дробями»														УУД							Среднее					
	Номера заданий														выявление противоречий в данных	выявление дефицита информации для решения задачи	умение учиться в контекст	индивидуальные и деловые умения	выбор способа решения задачи	решение задачи путем сравнения разных вариантов решения	составление алгоритма решения задачи		умение обосновывать свою позицию	способность принимать задачу	контролировать и оценивать свои действия, вносить коррективы в их выполнение	работать с таблицами	самостоятельная рефлексия
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14													
А	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0,33	0,25	0,25	0,25	0,25	1	1	0,75	0,75	0,5			
Б	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,67	0,5	0,5	0,5	0	0	0,33	0,25	0,25	0,32			
В	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0,33	0,25	0,5	0,75	0,5	0,5	0,67	0,4	0,25	0,47			
Г	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0,5	0,75	0,75	0,75	0,83	0,33	0,8	1	1	0,77		
Д	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0,25	0,5	0	0,17	0,33	0,2	0,25	0	0,2		
Е	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0,67	0	0,25	0,5	0,25	0,33	0,33	0,6	0,5	0,5	0,39		
Ж	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0,67	0,25	0,5	0,25	1	1	0,33	0,6	0,5	0,75	0,59		
З	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,67	0	0,25	0,5	0	0,17	0,33	0,4	0,25	0,25	0,28		
И	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0,67	0,5	0,5	0,5	1	1	0,33	0,6	0,75	1	0,69		
К	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0,67	0,25	0,25	0,25	0,75	0,67	0	0,6	0,75	0,75	0,49		
Л	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,25	0	0	0	0,2	0,25	0,25	0,13		
М	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0,33	0	0,25	0,25	0,25	0,5	0,33	0,4	0,25	0,5	0,31		
Н	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0,33	0,25	0,5	0,25	1	0,67	0,33	0,6	0,5	0,5	0,49		
О	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,75	0,75	1	1	0,67	0,8	1	1	0,9		
П	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,33	0	0	0,25	0	0	0	0,2	0,25	0,25	0,13		
Р	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0,67	0,5	0,75	0,75	1	0,83	0,33	0,8	1	1	0,76		
С	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,25	0,17	0	0,2	0,25	0,25	0,11		
Т	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0,5	0,75	0,75	0,5	0,67	0,67	0,6	0,5	0,75	0,67		
У	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0,5	0,75	1	0,25	0,5	0,67	0,4	0,5	0,5	0,61		
Среднее	0,6	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,1	0,58	0,28	0,41	0,47	0,5	0,53	0,31	0,47	0,51	0,57	0,46		

Рис. 2. Фрагмент журнала учета сформированности математической грамотности учащихся

Например, такие УУД, как умение аргументировать и обосновывать свою позицию, умение учитывать контекст, индуктивные и дедуктивные умозаключения, способность принимать задачу, выявление дефицита информации для решения задачи, сформированы у всего класса недостаточно, а учащиеся Б, В, Д, Е, З, Л, М, Н, П и С не достигли минимального уровня сформированности математической грамотности (рис. 2).

Имеется вкладка, в которой собираются данные по всем диагностическим мероприятиям и вычисляются актуальные на данный момент показатели сформированности УУД как средний результат всех выполненных учеником заданий мониторинга в течение года.

Результаты исследования и их обсуждение

Для оценки влияния использования средств мониторинга на формирование математической грамотности мы сравнили результаты оценки сформированности математической грамотности в контрольной и экспериментальной группах до и после проведения опытно-поисковой работы. После первой диагностической работы из 189 учащихся экспериментальной группы 91 ученик (48%) достиг минимального уровня сформированности математической грамотности. В контрольной группе минимального уровня математической грамотности достигли 52% (52 из 100). Применение критерия Фишера (углового преобразования) показало отсутствие значимых различий контрольной и экспериментальной групп.

После завершения опытно-поисковой работы в экспериментальной группе учащихся, достигших минимального уровня сформированности математической грамотности, было 147 (78%), а в контрольной – 60 (60%). Применение критерия Фишера показало, что экспериментальное значение φ^* на уровне значимости 0,05 превышает критическое. Таким образом, наблюдается статистически значимое различие уровня сформированности математической грамотности школьников в контрольной и экспериментальной группах.

64% учителей, использующих в своей работе журнал учета сформированности математической грамотности, отмечают, что мониторинг стимулирует как учителя,

так и учащихся к освоению математической грамотности за счет того, что, во-первых, происходит постепенное освоение школьниками способов решения практико-ориентированных заданий средствами математики, во-вторых, представление информации в мониторинге позволяет учителю наглядно увидеть пробелы и недочеты в подготовке учащихся и выработать стратегию преодоления несоответствий в освоении математической грамотности для каждого ученика и для класса в целом. При этом только 9% учителей считают, что применение мониторинга требует существенного повышения временных затрат педагога.

Заключение

Мониторинг математической грамотности позволяет регулярно проводить диагностику ее сформированности и на основе ее результатов отслеживать динамику и регулировать процесс формирования математической грамотности учащихся.

Список литературы

1. Концепция развития математического образования в Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://минобрнауки.рф/документы/3824> (дата обращения: 31.01.2023).
2. PISA 2021. Mathematics Framework (Second Draft). [Электронный ресурс]. URL: <https://pisa-2021maths.oecd.org/files/PISA%202021%20Mathematics%20Framework%20Draft.pdf> (дата обращения: 30.01.2023).
3. Суховиенко Е.А., Севостьянова С.А., Нигматулин Р.М., Мартынова Е.В. Мониторинг формирования проектных умений будущих педагогов в период педагогической практики // Современные проблемы науки и образования. 2020. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=30373> (дата обращения: 21.03.2023).
4. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утв. приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31 мая 2021 г. № 287 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/#1000> (дата обращения 21.02.2023).
5. Рослова Л.О. Функциональная математическая грамотность: что под этим понимать и как формировать // Педагогика. 2018. № 10. С. 48–55.
6. Романюк Д.А., Суховиенко Е.А. Модель мониторинга формирования универсальных учебных действий в процессе обучения математике // Мир науки, культуры, образования. 2018. № 4 (71). С. 160–164.
7. Денищева Л.О., Краснянская К.А., Рыдзэ О.А. Подходы к составлению заданий для формирования математической грамотности учащихся 5–6 класса // Отечественная и зарубежная педагогика. 2020. Т. 2. № 2 (70). С. 181–201.
8. Виленкин Н.Я., Жохов В.И., Чесноков А.С., Шварцбург С.И. Математика. 6 класс: учебник для общеобразовательных учреждений М.: Мнемозина, 2013. 288 с.