

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Научная статья

УДК 378.147

doi: 10.20323/1813-145X-2021-6-123-29-37

Математическая грамотность как результат освоения обучающимися современных достижений в науке

Евгений Иванович Смирнов^{1✉}, Вера Сергеевна Абатурова²

¹Доктор педагогических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Владикавказского научного центра РАН и РСО-А, Республика Северная Осетия — Алания. 362027, г. Владикавказ, ул. Маркуса, д. 22; заведующий кафедрой математического анализа, теории и методики обучения математике ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского». 150000, г. Ярославль, ул. Республиканская, д. 108/1

²Кандидат педагогических наук, ученый секретарь Южного математического института — филиала Владикавказского научного центра РАН. 362027, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркуса, д. 22

¹e.smirnov@yspu.org✉, <https://orcid.org/0000-0002-8780-7186>;

²veronika-abaturova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8780-7186>.

Аннотация. Эффективным направлением формирования математической грамотности школьников становится обучение математике на основе освоения обобщенных конструктов сложного знания (например, современных достижений в науке) с весомым прикладным и математико-информационным потенциалом личностного развития. При этом ставится задача создать насыщенную информационно-образовательную среду обучения математике за счет изменения содержания образовательных программ в направлении возможности для обучающихся уровневого освоения обобщенных конструктов сложного знания в контексте информационной поддержки (в том числе дистанционных сред), реализации симбиоза математического и компьютерного моделирования с эффектами формирования универсальных учебных действий и математической грамотности школьников.

Концептом наглядного моделирования математических объектов и процессов интеграции образовательных парадигм освоения сложного знания и формирования математической грамотности школьников выступают фундаментальные опыты личности и актуализация ядра универсальных учебных действий, проявляющихся в соответствующей когнитивной деятельности школьников. Авторами разработана технология формирования математической грамотности школьников (в том числе, в основной школе) на основе освоения математики сложного знания. Выявлены особенности феномена сложного знания в обучении математике и универсальные учебные действия, лежащие в основе освоения обобщенных конструктов и формирования математической грамотности обучающихся. Построены фундирующие кластеры исследования и адаптации иерархий сложного разноуровневого знания, методов и средств в когнитивной деятельности школьников с опорой на дидактические правила и закономерности освоения математической деятельности на основе синергетического подхода. Образовательные практики показали высокую эффективность данной методики формирования математической грамотности школьников в процессе освоения современных достижений в науке. Такие дидактические решения и практики характеризуются способностью обеспечить в полной мере потребности каждого обучающегося в самообразовании и самоактуализации при освоении сложных знаниевых конструктов и задают ценностный императив личностного развития, в том числе математической грамотности.

Ключевые слова: обучение математике сложного знания, симбиоз математического и компьютерного моделирования, практико-ориентированные задания, математическая грамотность школьников

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации № 073-00077-21-02 на выполнение научных исследований по теме «Механизм научно-методического сопровождения педагогов по вопросам формирования функциональной грамотности школьников: трансфер образовательных технологий» (№ реестровой записи 730000Ф.99.1. БВ10АА00006).

Для цитирования: Смирнов Е. И., Абатурова В. С. Математическая грамотность как результат освоения обучающимися современных достижений в науке // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 6 (123). С. 29-37. <http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-6-123-29-37>.

METHODOLOGY AND TECHNOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION

Original article

Mathematical literacy as an effect of student's mastering of modern achievements in science

Evgeny I. Smirnov¹✉, Vera S. Abaturova²

¹Doctor of pedagogical sciences, professor, leading researcher, Vladikavkaz scientific center of the Russian Academy of Sciences and RSO A, Republic of North Ossetia — Alania. 362027, Vladikavkaz, Markus st., 22; head of the department of mathematical analysis, theory and methods of teaching mathematics, FSBEI HE «Yaroslavl state pedagogical university named after K. D. Ushinsky». 150000, Yaroslavl, Respublikanskaya st., 108/1

²Candidate of pedagogical sciences, scientific secretary of the Southern mathematical institute — a branch of Vladikavkaz scientific center of the Russian academy of sciences. 362027, RSO-Alania, Vladikavkaz, Markus st., 22

¹e.smirnov@yspu.org ✉, <https://orcid.org/0000-0002-8780-7186>

²veronika-abaturova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8780-7186>

Abstract. Teaching mathematics based on the development of generalized constructs of complex knowledge (for example, modern achievements in science) becomes an effective direction for the formation of student's mathematical literacy with a significant applied and mathematical-informational potential of personal development. At the same time, the task is to create rich information and educational environment for teaching mathematics by changing the content of educational programs in the direction of the possibility for students to master complex knowledge generalized constructs in the context of information support (including remote environments), the implementation of mathematical and computer modeling symbiosis with the effects of universal educational actions formation and student's mathematical literacy. Such a technology of mathematics teaching organizing is actualized during the stage-by-stage research and adaptation of complex knowledge generalized constructs to school mathematics based on the criteria for selecting modern achievements in science with the included effect of practice-oriented subtasks solving and the ability to interpret the situations from real life: that is, to solve a wide range of tasks in various spheres of human activity, communication and social relations. The visual modeling concept of mathematical objects and processes of educational paradigms integration for complex knowledge development and student's mathematical literacy formation is the foundation of personal experience and the core actualization of universal educational actions manifested in the corresponding student's cognitive activity. The authors have developed a technology for student's mathematical literacy formation (including in primary school) based on the development of complex knowledge mathematics. The features of complex knowledge phenomenon in teaching mathematics and universal educational actions underlying the development of generalized constructs and student's mathematical literacy formation are revealed. The founding clusters of research and adaptation of complex multi-level knowledge, methods and tools hierarchies in student's cognitive activity based on didactic rules and patterns of mastering mathematical activity concern with synergetic approach are constructed. Educational practices have shown the high efficiency of this method of student's mathematical literacy forming in mastering process of modern achievements in science adaptation. Such didactic solutions and practices are characterized by the ability to fully meet the needs of each student in self-education and self-actualization. So we master the essence of complex knowledge constructs adaptation to school mathematics and set the value of personal imperative development, including mathematical literacy.

Keywords: teaching mathematics of complex knowledge, symbiosis of mathematical and computer modeling, practice-oriented tasks, student's mathematical literacy

Work is performed within the state task of the Ministry of Public Education of the Russian Federation № 073-00077-21-02 on scientific research performance on the subject «The mechanism of scientific and methodical support of teachers on questions of formation of school students' functional literacy: transfer of educational technologies» (No. of the register entry 730000F.99.1. BV10AA00006).

For citation: Smirnov E. I., Abaturova V. S. Mathematical literacy as an effect of student's mastering of modern achievements in science. *Yaroslavl pedagogical bulletin*. 2021;(6):29-37. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-6-123-29-37>.

Введение

В последнее десятилетие цифровизация школы объявлена главным трендом российского образования и призвана дать ответы на «взрывное» появление новых компетенций, изменение рынка труда и открытости глобального информационного пространства. Результаты международного тестирования PISA, оценивающего функциональную грамотность школьников в разных странах мира и умение применять знания на практике (проходит раз в три года; в тесте участвуют подростки в возрасте 15 лет), показывают, что пятая часть выпускников основной школы не достигают порогового уровня функциональной грамотности (по каждой области — математической, естественно-научной и читательской) и около трети учащихся — по одной из областей. Россия занимает 27-35 место в мировом рейтинге [PISA 2021 Mathematics Framework ... , 2018; Santos, 2019; Prigogine, 2017]. Выявлены основные затруднения в выполнении заданий мониторинга формирования функциональной (математической) грамотности школьников:

- понимание сюжетной ситуации и ее перевод на язык предметной области, нахождение способа решения;
- работа с информацией, представленной в разной форме (рисунок, текст, таблица, диаграмма);
- работа с реальными данными, величинами и единицами измерения;
- интерпретация результата с учетом предложенной ситуации;
- проявление самостоятельности, использование учебного и жизненного опыта.

Педагогический опыт, теория и практика, запросы и вызовы реальной жизни показывают, что центральную роль в определении различных уровней успешности формирования математической грамотности играют фундаментальные математические способности [Брунер, 2008; Шадриков, 2017; Рубинштейн, 2015]. Таким образом, эффективным направлением формирования математической грамотности школьников становится обучение математике на основе освоения обобщенных конструктов сложного знания (например, современных научных достижений с весомым прикладным и математико-информационным потенциалом). Это может быть реализовано в ходе этапного исследования и адаптации обобщенных конструктов сложного знания к школьной математике с включенным эффектом решения практико-ориентированных

заданий и возможностью интерпретировать задачи из реальной жизни, то есть для решения широкого диапазона задач в различных сферах человеческой деятельности, общения и социальных отношений. Концептом интеграции образовательных парадигм освоения сложного знания и формирования математической грамотности школьников выступает актуализация ядра универсальных учебных действий, проявляющихся в соответствующей когнитивной деятельности школьников. Это создает прецедент расширения и углубления опыта личности на основе текущего его состояния (необходим учет индивидуальных различий школьников, формы, методы и средства освоения сложного знания, а соответствующие практико-ориентированные задания должны быть разноуровневыми), формирования и развития мотивационной сферы учения (за счет актуализации образцов и адаптации современных, востребованных в жизни и доступных для восприятия научных знаний и технологий), развития интеллектуальных операций и способностей с опорой на фундирующие механизмы, математическое и наглядное моделирование возможностей проявления и коррекции функциональных, операциональных и инструментальных компетенций обучающихся в освоении сложных конструктов и процедур математики.

При этом необходимо воплощается идея не только разработки, реализации и исследовании иерархических разноуровневых комплексов PISA-подобных заданий для школьников, но и актуализации базовых обобщенных процедур и УУД (универсальных учебных действий), интеграции математических знаний и компетенций [Малинецкий, 2020a]. Особенно такие процедуры проявляются при исследовании и адаптации к школьной математике сложного математического знания путем поэтапного и полифункционального проявления его обобщенной сущности и ее интеграции со школьными учебными элементами — такими в нашей работе являются современные научные достижения (например, fuzzy logic или теория нечетких множеств [Смирнов, 2016; Секованов, 2016; Мандельброт, 2002; Малинецкий, 2020b; Chaira, 2019]). Таким образом, даже математическая грамотность школьника в процессе исследовательской деятельности может выступать как один из важных аттракторов последовательных итераций поэтапного развертывания симбиоза исследования обобщенных процедур (универсальных учебных действий) и процессов адаптации сложного знания к освоению

базовых учебных элементов школьной математики (исследовательская деятельность). Это диктует необходимость выстраивать, исследовать и рассматривать разноуровневое сложное как условие выстраивания параметров порядка мотивированного освоения математики и перехода к динамически устойчивым состояниям нового уровня сложности приемов и актов математического мышления. Именно освоение сложного математического знания школьниками позволяет создавать исследовательские ситуации, определяющие способность поддерживать динамическую устойчивость состояния мыслительной деятельности (формирование математической грамотности в ходе исследовательской деятельности) при допустимых значениях внутренних или внешних возмущений (флуктуаций) математической деятельности в процессах адаптации обобщенных конструкторов в исследовании современных научных достижений.

Методы исследования

Синергетический подход и методы реализации постнеклассической парадигмы в ходе освоения математического знания, позволяют реализовать принципы интеграции науки и образования, цифровых и педагогических технологий, выявить новые закономерности освоения сложного знания, выделить и обосновать педагогические особенности, раскрывающие гуманитарный и исследовательский потенциал симбиоза математического и компьютерного моделирования [Смирнов, 2016; Буданов, 2019; Дворяткина, 2016б]:

– *Приемы и принципы цифровизации образовательных сред и форм представления математических объектов и действий*, выступающие технологическими конструктами в организации педагогического процесса [Мандельброт, 2002; Zyкова, 2017; Dvoraytkina, 2017; Далингер, 2020; Chaira, 2019; Wing, 2006; Хеннер, 2016].

– *Методы развития и саморазвития личностных качеств и мышления обучающихся*, базирующиеся на освоении сложного знания в насыщенной информационно-образовательной среде [Далингер, 2020; Дворяткина, 2019; Моныхов, 2016; Burgoyne, 2016].

– *Методы и принципы наглядного моделирования и фундирования опыта личности в обучении математике*, позволяющие «запустить» фактор-импульсы самоорганизации личности и обеспечить процессы понимания существа многоступенчатых абстракций математической дея-

тельности [Дворяткина, 2016а; Вербицкий, 1991; Смирнов, 2017; Осташков, 2016].

– *Ведущая идея такова*: ключевым аспектом феномена формирования математической грамотности школьников и проявления синергетических эффектов в обучении математике сложного знания на основе адаптации современных достижений в науке является возможность актуализации обобщенных этапов и исследования характеристик освоения сущности сложных математических знаний, явлений и процедур, создания условий для коммуникации и диалога культур, выявления атрибутов самоорганизации содержания, процессов и взаимодействий (аттракторы, точки бифуркации, бассейны притяжения, итерационные процедуры и т. п.) в ходе освоении «проблемных зон» математики.

Результаты и их обсуждение

Таким образом, наш подход основан на том, что *сложное знание* — это результат познания о содержании и семиотических информационных связях нелинейных систем, объектов и явлений реального и виртуального мира, представленный в единстве дескриптивного и вычислительного многообразия и иерархий представления содержания с возможностью актуализации бифуркационных переходов и различных интерпретаций и генераций форм проявления сущности. Это приводит к выявлению следующих характеристик сложного знания о нелинейных системах, объектах и явлениях реального и виртуального мира:

– наличие возможности интерпретации и генерации компонентов содержания и семиотических информационных связей с выраженными прикладными эффектами;

– информация о единстве дескриптивного и вычислительного многообразия и иерархий представления содержания и семиотических информационных связей;

– возможность актуализации бифуркационных переходов и различных интерпретаций и генераций форм проявления сущности методами математического и компьютерного моделирования.

Технология формирования математической грамотности — категория способностей личности, связанная с функциональной системой организации и выполнения действий, принятия решения, оценки результата действия; исследовалась в работах таких ученых, как П. К. Анохин, С. Л. Рубинштейн, Б. М. Теплов, Б. Г. Ананьев, Э. Клапаред, В. Д. Шадриков и др. Следуя клас-

сическому анализу способностей В. Д. Шадрикова [Шадриков, 2017], определим *математическую (функциональную) грамотность школьника* как социально одобренную меру выраженности свойств функциональных систем индивида, проявляющуюся в успешности реализации математической деятельности в освоении наук и реальной жизни. Социальное одобрение понимается в соответствии с нормативным документам разнообразных государственных институтов в области образовательной политики: Требования ФГОС второго поколения, Государственная Программа РФ «Развитие образования» (2018-2025 гг.), Указ Президента РФ и Постановление Правительства 2013 г. «О Концепции развития математического образования РФ» и др. Под успешностью освоения и реализации математической деятельности понимается (в соответствии с требованиями PISA (Programme for International Student Assessment) способность индивидуума формулировать, применять и интерпретировать математику в разнообразных контекстах, высказывать хорошо обоснованные суждения и принимать решения. PISA рекомендует осваивать математику в 4 областях: измерение и отношение, пространство и форма, количество и неопределенность [PISA 2021 Mathematics Framework ... , 2018].

Избыточное покрытие данных областей в соответствии с традициями Российского математического образования определяют семь содержательных линий школьной математики: числовую, функциональную, геометрическую, тождественных преобразований, уравнений и неравенств, стохастическую и алгоритмическую. Поэтому компоненты содержания математической грамотности школьника должны определяться необходимостью отражения этих семи содержательных линий по нишам *знать, уметь, владеть*, каждая из которых (в соответствии с требованиями PISA) дифференцируется по трем уровням: *пороговому, базовому и повышенному (сложному)*. Однако так как ключевой для нас является необходимость формирования обобщенных универсальных учебных действий, эти семь содержательных линий интегрируются во взаимодействиях в проявлениях следующих ОУУД: локализация и структурирование информации, понимание, интеграция и интерпретация, рефлексия, моделирование, самооценка и самоконтроль.

Именно их актуализация, как указывает С. Л. Рубинштейн, и составляет основу формирования способностей, в том числе математической грамотности [Рубинштейн, 2015]. Далее представ-

лены модель формирования и диагностики математической грамотности и этапы формирования и диагностики математической грамотности обучающихся. Концептом интеграции образовательных парадигм освоения сложного знания и формирования математической грамотности школьников выступает актуализация ядра универсальных учебных действий, проявляющихся в соответствующей когнитивной деятельности школьников. Это создает прецедент расширения и углубления опыта личности на основе текущего его состояния (необходим учет индивидуальных различий школьников, формы, методы и средства освоения сложного знания, а соответствующие практико-ориентированные задания должны быть разноуровневыми), формирования и развития мотивационной сферы учения (за счет актуализации образцов и адаптации современных, востребованных в жизни и доступных для восприятия научных знаний и технологий), развития интеллектуальных операций и способностей с опорой на фундирующие механизмы, математическое и наглядное моделирование возможностей проявления и коррекции функциональных, операциональных и инструментальных компетенций обучающихся в освоении сложных конструктов и процедур математики.

Таким образом, реализация процесса повышения качества функциональной грамотности в освоении математики в школе теперь возможна на основе актуализации синергетических принципов и подходов в контексте адаптации современных достижений в науке к школьной математике. Такие образовательные системы характеризуются способностью в полной мере обеспечить потребности каждого обучающегося в самообразовании и самоактуализации при освоении сложных знаниевых конструктов и задают ценностный императив личностного развития. Поэтому и необходим также диалог информационной, гуманитарной, математической и естественнонаучной культур в освоении математики сложного знания, который связан с решением и исследованием практико-ориентированных PISA-подобных заданий, активизирует механизмы синергии и является фактором самоорганизации и связующим звеном при формировании универсальных учебных действий и образовании целостных структур в обучении математике в школе.

При этом необходимо реализуется идея не только разработки, реализации и исследования иерархических разноуровневых комплексов

PISA-подобных заданий для школьников, но и актуализации базовых обобщенных процедур и УУД (универсальных учебных действий), интеграции математических знаний и компетенций. Эта интегративная основа способствует взаимодействию, взаимовлиянию, взаимообогащению областей знания и необходимо будет способствовать формированию функциональной (математической) грамотности школьников. Синергия математического образования при этом в контексте диалога культур и адаптации современных достижений в науке в «режиме обострения» С. П. Курдюмова, будь то инклюзивное (включенное) образование, дистанционное обучение или интегрированные курсы, позволяет создать условия для повышения качества математического образования, учебной и профессиональной мотивации обучающихся с раскрытием их индивидуальных особенностей («разворачивая себя к культуре и истории», по Г. Гегелю) ([Монахов, 2016; Sala, 2017; Малинецкий, 2020a]).

При этом процедуры освоения обобщенной сущности сложного знания и перехода в процессах индивидуализации в зонах ближайшего развития обучающихся будут более выраженными и направленными, если ориентировочная и информационная основы проектно-исследовательской деятельности обучаемых цементируются специально проектируемым фундирующим кластером уровневого исследования и проявления сущности обобщенного конструкта сложного знания. Таким образом, фундирование опыта как инновационный механизм развития личности и постижения сущности обобщенного конструкта сложного знания в ходе освоения современных достижений в науке может разворачиваться в трех образовательных нишах: содержании школьного обучения математике, технологии реализации адаптационных процессов и развития личностных качеств обучающихся ([Дворяткина, 2016b; Burgoyne, 2016; Santos, 2019]).

Именно управление образовательными процессами на базе освоения сложного знания средствами математического и компьютерного моделирования способно дать мощный мотивационный заряд к изучению математических дисциплин; как следствие, возникнет интерес к освоению математики с реальным развитием теоретического и эмпирического мышления (сравнение, аналогия, анализ, синтез и т. п.) и повысится уровень математической грамотности школьников, их креативность и критичность мышления. При этом возможность адаптации современных

достижений в науке к школьной математике и компьютерного интерактивного взаимодействия с учебным предметом усиливает развивающий эффект и повышает учебную мотивацию, выявляет связи с реальной жизнью и практикой, создает феномен проявления синергетических эффектов в освоении сложного математического знания.

Заключение

Таким образом, эффективным направлением формирования математической грамотности школьников может стать обучение математике на основе освоения сложного знания. При этом ставится задача создать насыщенную информационно-образовательную среду обучения математике за счет изменения содержания образовательных программ в направлении освоения обобщенных конструктов сложного знания и организации поддержки дистанционных сред и компьютерного моделирования. Это реализуется в ходе этапного исследования и адаптации сложного знания в контексте решения практико-ориентированных подзадач с возможностью эффективно интерпретировать ситуации из реальной жизни: то есть для решения широкого диапазона задач в различных сферах человеческой деятельности, общения и социальных отношений. Более того, ставится задача на ближайшие годы не только достичь устойчивого порогового уровня в тестировании PISA, при достижении которого учащиеся начинают демонстрировать применение знаний и умений в простейших внеучебных ситуациях, но и способности решать сложные задачи. Приоритетом становятся ситуации, когда проявляется способность школьников использовать имеющиеся знания и умения для получения новой информации, требуются самостоятельно мыслящие и способные функционировать в сложных условиях и овладевать сложными знаниями креативные обучающиеся. Это создает прецедент расширения и углубления опыта личности на основе текущего его состояния (необходим учет индивидуальных различий школьников, то есть практико-ориентированные задания должны быть разноуровневыми), формирования и развития мотивационной сферы учения (за счет актуализации образцов и адаптации современных, востребованных в жизни и доступных для восприятия, научных знаний и технологий), развития интеллектуальных операций и способностей с опорой на фундирующие механизмы, математическое и наглядное моделирование возможностей проявления и коррекции функциональных, операцио-

нальных и инструментальных компетенций обучающихся в освоении сложных конструктов и процедур математики. Реализация процесса повышения качества функциональной грамотности в освоении математики в школе возможна теперь на основе актуализации синергетических принципов и подходов в контексте адаптации современных достижений в науке к школьной математике.

Таким образом, обучение математике в школе должно происходить в информационно насыщенной образовательной среде освоения сложного уровневго знания в условиях диалога математической, информационной гуманитарной и естественно-научной культур и интеграции дидактических усилий педагога и ученика в направлении вскрытия сущностей базовых учебных элементов (понятий, теорем, процедур, алгоритмов, идей) как феномена фундаментализации образования. Необходимо выстраивание иерархий сложного разноуровневого знания, методов и средств в когнитивной деятельности, опоры на дидактические правила и закономерности освоения математической деятельности на основе синергетического подхода (фрактальная геометрия, нечеткие множества и fuzzy-logic, теория хаоса и катастроф, устойчивость динамических систем и нелинейная динамика, теория кодирования и шифрования информации и т. п.).

Библиографический список

- Барнсли М. Перекрывающиеся системы итерированных функций на отрезке / М. Барнсли, К. Б. Игудеман // Известия высших учебных заведений. Математика. 2012. № 12. С. 3-15.
- Брунер Дж. Психология познания. За пределами непосредственной информации. Москва : Директ-Медиа, 2008. 482 с.
- Буданов В. Г. Постнеклассика и третья парадигма естествознания / В. Г. Буданов, В. Н. Еськов // Сложность. Разум. Постнеклассика. 2019. № 1. С. 53-61.
- Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. Москва : Высшая школа, 1991. 207 с.
- Далингер В. А. Методические аспекты обучения геометрии на основе цифровых образовательных ресурсов // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2020. № 1(27). С. 10-15.
- Дворяткина С. Н. Множественность целеполагания в педагогической деятельности: математика на шахматной доске / С. Н. Дворяткина, В. С. Карапетян, С. А. Розанова // Высшее образование в России. 2019. № 4(28). С. 81-92.
- Дворяткина С. Н. Оценка синергетических эффектов интеграции знаний и деятельности на основе компьютерного моделирования / С. Н. Дворяткина, Е. И. Смирнов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Москва : МГУ, 2016а. С. 35-42.
- Дворяткина С. Н. Оценка синергетических эффектов интеграции знаний и деятельности на основе компьютерного моделирования / С. Н. Дворяткина, Е. И. Смирнов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Москва : МГУ, 2016б. С. 35-42.
- Малинецкий Г. Г. Идеология в контексте естественных наук и теория самоорганизации // Стратегические приоритеты. 2020б. № 1-2 (25-26). С. 93-109.
- Малинецкий Г. Г. Образование на постсоветском пространстве в зеркале исследований PISA / Г. Г. Малинецкий, С. Н. Сиренко // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. 2020а. № 1. С. 35-69.
- Мандельброт Б. Б. Фрактальная геометрия природы / пер. с англ. Москва : Ин-т компьютерных исследований, 2002. 656 с.
- Монахов В. М. Системный подход к методическому раскрытию прогностического потенциала образовательных стандартов / В. М. Монахов, С. А. Тихомиров // Ярославский педагогический вестник. Серия: Психолого-педагогические науки. 2016. № 6. С. 117-126.
- Осташков В. Н. Синергия образования в исследовании аттракторов и бассейнов притяжения нелинейных отображений / В. Н. Осташков, Е. И. Смирнов // Ярославский педагогический вестник. Серия: Психолого-педагогические науки. 2016. № 6. С. 146-157.
- Секованов В. С. Элементы теории дискретных динамических систем. Санкт-Петербург : Лань, 2016. 180 с.
- Смирнов Е. И. Компьютерный дизайн нелинейного роста «площадей» нерегулярного цилиндра Шварца / Е. И. Смирнов, А. Д. Уваров, Н. Е. Смирнов // Евразийское научное обозрение. 2017. № 8(30). С. 35-55.
- Смирнов Е. И. Синергия математического образования: Введение в анализ / Е. И. Смирнов, В. В. Богун, А. Д. Уваров. Ярославль : Канцлер, 2016. 216 с.
- Шадриков В. Д. Системогенез деятельности. Игра. Учение. Труд : монография. Т. 1. Системогенез профессиональной и учебной деятельности. Ярославль : Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, 2017. 326 с.
- Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. Санкт-Петербург : Питер, 2015. 713 с.
- Хеннер Е. К. Вычислительное мышление // Образование и наука. 2016. № 2(131). С. 18-31.
- Burgoyne A. P., Sala G., Gobet F., Macnamara B., Campitelli G., Hambrick D. The relationship between cognitive ability and chess skill: A comprehensive meta-analysis // Intelligence, 2016. Vol. 59. P. 72-83.
- Chaira T. Fuzzy Set and Its Extension: The Intuitionistic Fuzzy Set. Wiley & Sons Ltd, 2019. 304 p. DOI:10.1002/9781119544203.

Dvoryatkina S. N. Improving the Methods of Pedagogical Diagnosis and the Control of Mathematical Knowledge Based on the Modern Achievements in Science / S. N. Dvoryatkina, O. N. Masina, S. V. Shcherbatykh // Educational Psychology in Polycultural Space. 2017. № 1(37). С. 71-77.

PISA 2021 Mathematics Framework. URL: <https://pisa2021-maths.oecd.org/#Twenty-First-Century-Skills> (дата обращения: 09.02.2018).

Prigogine I. R., Nikolis G. Cognition of the Complex. М.: Lenard, 2017. 360 p.

Sala G., Gobet F. Does chess instruction improve mathematical problem-solving ability? Two experimental studies with an active control group. Learning and Behavior, 2017. Vol. 45(4). P. 414-421.

Santos J., Figueiredo A. S., Vieira M. Innovative Pedagogical Practices in Higher Education: An Integrative Literature Review. Nurse Education Today, 2019. Vol. 2. P. 12-17.

Wing J. Computational Thinking. Communications of the ACM, 2006. Vol. 49(3). P. 33-35. (Translated from English).

Zykova T. V. Synergy of Students' Network Interaction in the Course of Mathematical Knowledge Development / T. V. Zykova, I. V. Kuznetsova // Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2017. № 5. С. 95-102.

Reference list

Barnsli M. Perekryvayushhiesja sistemy iterirovannykh funktsiy na otrezke = Overlapping iterated function systems on a segment / M. Barnsli, K. B. Igudesman // Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Matematika. 2012. № 12. S. 3-15.

Bruner Dzh. Psihologija poznaniya. Za predelami neposredstvennoj informacii = Psychology of cognition. Beyond direct information. Moskva : Direkt-Media, 2008. 482 s.

Budanov V. G. Postneklassika i tret'ja paradigma estestvoznaniya = Post-classics and the third paradigm of natural science / V. G. Budanov, V. N. Es'kov // Slozhnost'. Razum. Postneklassika. 2019. № 1. S. 53-61.

Verbickij A. A. Aktivnoe obuchenie v vysshej shkole: kontekstnyj podhod = Active higher education: a contextual approach. Moskva : Vysshaja shkola, 1991. 207 s.

Dalinger V. A. Metodicheskie aspekty obuchenija geometrii na osnove cifrovyykh obrazovatel'nykh resursov = Methodological aspects of learning geometry based on digital educational resources // Continuum. Matematika. Informatika. Obrazovanie. 2020. № 1(27). S. 10-15.

Dvoryatkina S. N. Mnozhestvennost' celepolaganija v pedagogicheskoj dejatel'nosti: matematika na shahmatnoj doske = Multiplicity of goal-setting in pedagogical activity: mathematics on a chessboard / S. N. Dvoryatkina, V. S. Karapetjan, S. A. Rozanova // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2019. № 4(28). S. 81-92.

Dvoryatkina S. N. Ocenka sinergeticheskikh jeffektov integracii znaniy i dejatel'nosti na osnove komp'yuternogo modelirovaniya = Assessment of synergistic effects of

integration of knowledge and activities based on computer modeling / S. N. Dvoryatkina, E. I. Smirnov // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. Moskva : MGU, 2016a. S. 35-42.

Dvoryatkina S. N. Ocenka sinergeticheskikh jeffektov integracii znaniy i dejatel'nosti na osnove komp'yuternogo modelirovaniya = Assessment of synergistic effects of integration of knowledge and activities based on computer modeling / S. N. Dvoryatkina, E. I. Smirnov // Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. Moskva : MGU, 2016b. S. 35-42.

Malineckij G. G. Ideologija v kontekste estestvennykh nauk i teorija samoorganizacii = Ideology in the context of the natural sciences and the theory of self-organization // Strategicheskie priority. 2020b. № 1-2 (25-26). S. 93-109.

Malineckij G. G. Obrazovanie na postsovetskom prostranstve v zerkale issledovanij = PISA Education in the post-Soviet space in the PISA research mirror / G. G. Malineckij, S. N. Sirenko // Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 20: Pedagogicheskoe obrazovanie. 2020a. № 1. S. 35-69.

Mandel'brot B. B. Fraktal'naja geometrija prirody = Fractal geometry of nature / per. s angl. Moskva : In-t komp'yuternykh issledovanij, 2002. 656 s.

Monahov V. M. Sistemnyj podhod k metodicheskomu raskrytiju prognosticheskogo potenciala obrazovatel'nykh standartov = Systematic approach to methodical disclosure of prognostic potential of educational standards / V. M. Monahov, S. A. Tihomirov // Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. Serija: Psihologo-pedagogicheskie nauki. 2016. № 6. S. 117-126.

Ostashkov V. N. Sinergija obrazovanija v issledovanii attraktorov i bassejnov pritjazhenija nelinejnykh otobrazhenij = Synergy of formation in the study of attractors and basins of attraction of nonlinear mappings / V. N. Ostashkov, E. I. Smirnov // Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. Serija: Psihologo-pedagogicheskie nauki. 2016. № 6. S. 146-157.

Sekovanov V. S. Jelementy teorii diskretnykh dinamicheskikh sistem = Elements of the theory of discrete dynamic systems. Sankt-Peterburg : Lan', 2016. 180 s.

Smirnov E. I. Komp'yuternyj dizajn nelinejnogo rosta «ploshhadej» neregul'jnogo cilindra Shvarca = Computer design of nonlinear growth of «areas» of irregular Schwartz cylinder / E. I. Smirnov, A. D. Uvarov, N. E. Smirnov // Evrazijskoe nauchnoe obozrenie. 2017. № 8(30). S. 35-55.

Smirnov E. I. Sinergija matematicheskogo obrazovanija: Vvedenie v analiz = Synergy of mathematical education: introduction to analysis / E. I. Smirnov, V. V. Bogun, A. D. Uvarov. Jaroslavl' : Kancler, 2016. 216 s.

Shadrikov V. D. Sistemogenez dejatel'nosti. Igra. Uchenie. Trud : monografija. T. 1. Sistemogenez professional'noj i uchebnoj dejatel'nosti = Systemogenesis of activity. The game. Teaching. Work: monograph. V. 1. Systemogenesis of professional and educational activities.

Jaroslavl' : Jaroslavskij gosudarstvennyj universitet im. P. G. Demidova, 2017. 326 s.

Rubinshtejn S. L. Osnovy obshhej psihologii = Fundamentals of general psychology. Sankt-Peterburg : Piter, 2015. 713 s.

Henner E. K. Vychislitel'noe myshlenie = Computational thinking // *Obrazovanie i nauka*. 2016. № 2(131). S. 18-31.

Burgoyne A. P., Sala G., Gobet F., Macnamara B., Campitelli G., Hambrick D. The relationship between cognitive ability and chess skill: A comprehensive meta-analysis // *Intelligence*, 2016. Vol. 59. P. 72-83.

Chaira T. Fuzzy Set and Its Extension: The Intuitionistic Fuzzy Set. Wiley & Sons Ltd, 2019. 304 p. DOI: 10.1002/9781119544203.

Dvoryatkina S. N. Improving the Methods of Pedagogical Diagnosis and the Control of Mathematical Knowledge Based on the Modern Achievements in Science / S. N. Dvoraytkina, O. N. Masina, S. V. Shcherbatykh // *Educational Psychology in Polycultural Space*. 2017. № 1(37). S. 71-77.

PISA 2021 Mathematics Framework. URL: <https://pisa2021-maths.oecd.org/#Twenty-First-Century-Skills> (data obrashhenija: 09.02.2018).

Prigogine I. R., Nikolis G. *Cognition of the Complex*. M.: Lenard, 2017. 360 p.

Sala G., Gobet F. Does chess instruction improve mathematical problem-solving ability? Two experimental studies with an active control group. *Learning and Behavior*, 2017. Vol. 45(4). P. 414-421.

Santos J., Figueiredo A. S., Vieira M. Innovative Pedagogical Practices in Higher Education: An Integrative Literature Review. *Nurse Education Today*, 2019. Vol. 2. P. 12-17.

Wing J. Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 2006. Vol. 49(3). P. 33-35. (Translated from English).

Zykova T. V. Synergy of Students' Network Interaction in the Course of Mathematical Knowledge Development / T. V. Zykova, I. V. Kuznetsova // *Jaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2017. № 5. S. 95-102.

Статья поступила в редакцию 07.09.2021; одобрена после рецензирования 27.10.2021; принята к публикации 23.11.2021.

The article was submitted on 07.09.2021; approved after reviewing 27.10.2021; accepted for publication on 23.11.2021.