

# Цифровые образовательные среды – основа формирования алгоритмического мышления

## Digital educational environments are the basis for the formation of algorithmic thinking

УДК 372.851

DOI: 10.12737/2500-3305-2024-9-4-50-57

### Леонов А. Г.

Канд. физ.-мат. наук, профессор Института Детства МПГУ, ведущий научный сотрудник механико-математического факультета МГУ, заведующий кафедрой ДПО НИЦ «Курчатовский институт» ФНЦ НИИСИ РАН, руководитель программы магистратуры ИИС ГУУ, член Совета и член Президиума Федерального экспертного совета ВОО «Воспитатели России»

### Leonov A.G.

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Continuing Professional Education of the National Research Center "Kurchatov Institute" of the Federal Scientific Center "Research Institute of Systematics of the Russian Academy of Sciences", Leading Researcher of the Mechanics and Mathematics Faculty of Moscow State University, Professor of the Institute of Childhood of the Moscow State Pedagogical University, Head of the Master's Program of the Institute of Information Systems of the State University of Management, Member of the Council and Member of the Presidium of the Federal Expert Council of the All-Russian Public Organization "Enlighteners of Russia"

### Аннотация

В статье рассмотрены актуальные проблемы цифровой трансформации образования, возможность использования цифровых образовательных сред для интенсификации практики программирования, способствующей развитию алгоритмического мышления у учащихся. Рассмотрены современные технологии в образовании, такие как цифровые образовательные платформы, как центр интеграции цифровых образовательных сред, внедрение гибких форм обучения. В статье анализируются успешные методики преподавания, использующие цифровые инструменты для понижения возраста первичного знакомства с программированием, стимулирования критического мышления, решения проблем и развития логического мышления у детей. Результаты исследования подчеркивают важность интеграции цифровых образовательных сред в учебный процесс для эффективного формирования алгоритмического мышления у учащихся.

**Ключевые слова:** раннее обучение информатике, программирование, цифровая образовательная среда ПиктоМир, цифровая образовательная среда КуМир, алгоритм, робот.

### Abstract

The article discusses current problems of digital transformation of education, the possibility of using the digital educational environment to intensify practice. programming that promotes the development of algorithmic thinking in students. Modern technologies in education, such as digital educational platforms, are considered as a center for the integration of the digital educational environment and the introduction of flexible forms of education. The article analyzes successful teaching methods that use digital tools to reduce the age of initial introduction to programming, stimulate critical thinking, problem solving and develop logical thinking in children. The results of the study highlight the importance of integrating digital educational envi-

ronments into the educational process for the effective development of algorithmic thinking in students.

**Keywords:** early learning of computer science, programming, digital educational environment PikoMir, digital educational environment KuMir, algorithm, robot.

## **Введение**

Одна из глобальных целей, которая должна быть решена в процессе перехода к цифровой экономике, – подготовка специалистов высокого уровня системой образования России. При этом в систематическом процессе необходимо задействовать не только высшее и специальное образование, но и среднее, и даже дошкольное, так как основы формирования будущих компетенций закладываются в раннем возрасте. Чтобы быть успешным, жить и, став взрослым, работать в современном постиндустриальном обществе ученику уже недостаточно быть просто грамотным, т.е. обладать навыками письма, чтения и знать арифметику. Также необходимо владеть новой компетенцией в области основ программирования, т.е. обладать сформированными основами алгоритмического мышления. Вопросы о начальном возрасте знакомства с алгоритмизацией широко обсуждаются в научных кругах страны [1, 2] и за рубежом [3, 4] и, можно сказать, что складывается, в том числе и общественный консенсус [5] в том, что основы программирования вполне доступны к освоению современными младшими школьниками и даже дошкольниками [6,7].

Что касается учеников старшего возраста, то надо отметить, что текущее состояние с уровнем компетенции в области программирования у выпускников основной и средней школы не может считаться достаточным. Даже первокурсники, поступившие на технические и естественно-научные специальности университетов, часто не владеют понятиями и навыками программирования в должном объеме. Так, простейшую задачу «Составить программу, находящую число разных из 3-х целых величин» на любом языке программирования, включая описание последовательности шагов на русском, на первом занятии не может большая половина группы математических специальностей университетов. Таким образом, задачи, которые встают перед педагогическим сообществом не только в формировании алгоритмической грамотности, начиная с младшей школы, но и выравнивание компетенции у выпускников средних школ и даже студентов вузов. Сюда же относятся вопросы эффективной подготовки учителей информатики с практическими навыками по составлению программ в рамках требований ФГОС ООО [8].

Важно отметить, что требования, которые необходимо учитывать при разработке преподавательских курсов по освоению основ программирования, такие же, как и к другим предметам в школе и(или) вузе, — это обучение в минимальные сроки с максимальной эффективностью. Последнее означает, что в наш информационный век подходы к построению образовательного процесса по «цифровому» предмету должны включать эффективные педагогические цифровые образовательные продукты, обеспечивающие выполнения вышеуказанного требования. А с учетом современной политической обстановки и общей направленности развития экономики страны, опирающийся на технологический суверенитет, то и цифровые образовательные продукты должны также быть отечественными [9].

## **Материалы и методы**

Еще совсем недавно, около полувека назад, на механико-математическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова курс программирования начинался с 3 учебного семестра, потому что программирование считалось очень сложным предметом для будущих ведущих математиков страны – выпускников факультета. Студенты в рамках курса «Работа на ЭВМ и программирования» слушали лекции по языкам программирования ассемблер и Fortran с минимальной практикой на ЭВМ. Естественно, что при таком подходе большинство студентов не могли приобрести удовлетворительный уровень компетенции в области основ программиро-

вания, так как большее внимание отдавалось кодированию на непонятных языках, нежели основам алгоритмизации.

В 1980-м году, еще до распространения персональных компьютеров, когда на факультете не было никаких терминалов, а была ЭВМ АСВТ со считывателем перфокарт и АЦПУ, когда реальная практика по составлению программ была ограничена доступом к ЭВМ, на мехмате начал читаться экспериментальный курс, автором которого явился известный математик СССР и России, в то время доцент кафедры общих проблем управления механико-математического факультета МГУ А.Г. Кушниренко [10]. Автор считал своей основной задачей в курсе заложить фундамент общей программистской культуры у студентов, т.е. сформировать алгоритмическое мышление, научить их грамотно решать и программировать практические задачи. Курс был ориентирован на студентов-математиков, решения задач в учебных материалах были написаны на некотором алгоритмическом языке с русским синтаксисом, не имеющим практической реализации, иногда называемым псевдокодом. При таком подходе, благодаря простоте этого языка, обучаемый в начале был сосредоточен на придумывании алгоритма решения задачи и записи его в минимально формальном виде. Процесс составления программы на производственном языке программирования состоял в кодировании придуманного алгоритма. Если при этом составить таблицу соответствия управляющих конструкций псевдокода и языка программирования высокого уровня, то процесс перекодирования можно практически полностью свести к механической замене одних выражений на другие. В результате, по окончании курса большая часть студентов получила практические навыки написания реальных программ на производственном языке программирования.

Другой подход состоял в использовании специализированных практикумов по программированию, таких, как, например, управление станком с ЧПУ или программирование "лунохода", когда программы по управлению роботами-исполнителями, начавшие осваивать основы алгоритмизации студенты, собирали из материальных объектов, - напечатанных на перфокартах готовых команд исполнителя, что позволило студентам уже в начале курса самостоятельно составлять десятки простейших программ. Надо отметить, что таким образом собранные студентами программы отправлялись на проверку на реальной ЭВМ и обрабатывались в так называемом пакетном режиме, где каждый начинающий программист мог получить результат в течение часа. Сейчас современный студент будет изумлен, узнав, каким образом программисты составляли и отлаживали свои программы менее полувека назад. Для современного человека будет сложно понять, что при этом программист не только не видел компьютера, на котором выполнялась его программа, но и делил его «машинное время» с другими программистами, когда цикл отладки программы, состоящий из поиска ошибки, изменения программы и ее проверка на ЭВМ занимал дни, а не минуты. В 1986 появился Фортран-практикум, и появилась возможность на экзамене по программированию на втором курсе включить в билет 2 задачи на языке Fortran, которые нужно было решить практически, на компьютере, в первые 45 мин. экзамена. Тем самым курс программирования стал вполне практическим.

Во многом успех курса обеспечивала интеграция новационного методического подхода с использованием компьютерных практикумов, ориентированных на формирование алгоритмического мышления у учеников, предтечи современных цифровых образовательных сред [11].

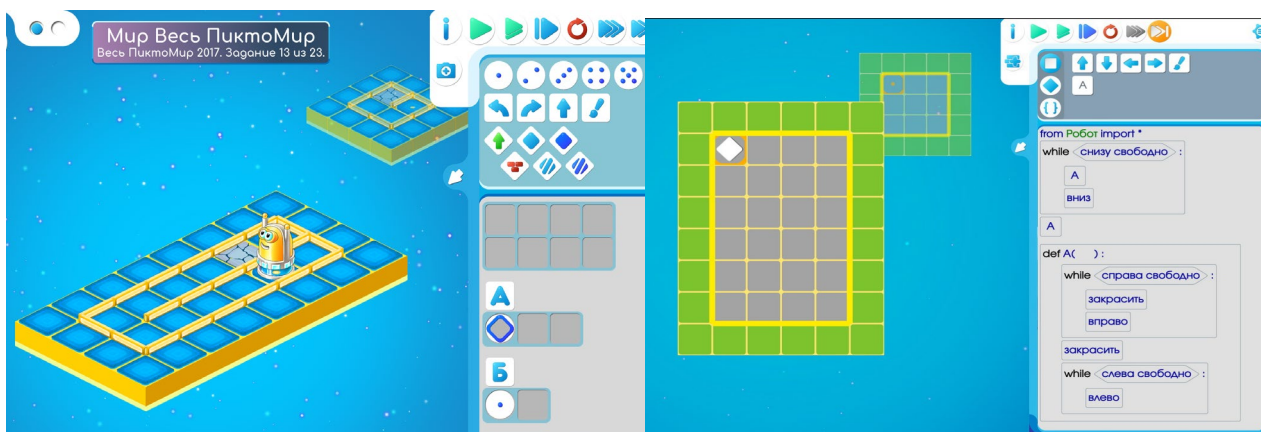
Во второй декаде этого века в образовательный процесс по всему миру стали внедрять хорошо известные ранее МООК- системы (Массовый открытый онлайн-курс, сокр.: МООК; англ. Massive open online course, МООС) с массовым интерактивным участием с технологий электронного обучения и открытым доступом через Интернет, как одна из форм дистанционного образования. К сожалению, надежды на самообразование потерпели крах в ближайшей же перспективе [12]. К основным проблемам МООК – образования можно отнести следующие:

- Не ставят своей целью систематическое освоение программы даже по одному предмету.
- Предлагают короткие курсы, состоящие из некоторой выжимки материала по теме и из предложенных задач к решению.
- Взаимодействие преподавателя со студентом сильно ограничено, а именно, преподаватель выступает в роли автора курса и никак не связан с непосредственным обучением слушателей.

## Результаты

Если задаться вопросом, какие педагогические цифровые образовательные продукты являются наиболее эффективными в области освоения основ программирования и алгоритмизации, то ответ вполне очевиден, это системы с нулевым временем входа новичка, т.е. минимальными затратами на освоение самой системы и изучения языка программирования, который в ней используется. Таких систем в мировой практике разработано много, однако они не относятся к классу педагогических программных сред и не несут систематического подхода к образовательному процессу [13,14].

Таким образом, решение о визуальной и сценарной составляющих цифровых образовательных сред становится вполне определенным: игровые среды с современным дизайном могут привлечь внимание как школьников, так и студентов вузов в пропедевтических курсах по основам программирования, т.е. являться дополнительным мотивирующим фактором в образовательном процессе. При этом наиболее эффективными на начальном этапе освоения основ алгоритмизации будут не текстовые, а пиктограммные среды, в которых отсутствует понятие синтаксической ошибки в процессе составления алгоритма, а также основной программно-управляемый объект робот-исполнитель прост для понимания ученикам (рис. 1).



**Рис. 1.** Пример программ в авторских цифровых образовательных средах (ЦОС) ПиктоМир и ПиктоМир – К.

На мехмате МГУ совместно с НИЦ «Курчатовский институт» ФНЦ НИИСИ РАН разработаны авторские цифровые образовательные среды (ЦОС) ПиктоМир и ПиктоМир – К для освоения основ алгоритмизации в любом возрасте от дошкольников и учеников начальной школы до старшеклассников и студентов университетов [15,16]. Первая ЦОС активно применяется в знакомстве дошкольников с основами алгоритмизации в рамках дополнительного образования и парциальных программ для детей, начиная с 4-го года жизни. Так, с 2019 г. ежегодно 6000 дошкольников г. Сургут оканчивают курс «Алгоритмика для дошколят». В 2020 г. организована национальная Сетевая Инновационная площадка ФГУ НИИСИ РАН «ПиктоМир», к которой подключились уже более 800 образовательных организаций в большинстве регионов России, где обучают дошкольников и младшеклассников по единой методике. В 2023-2024 учебных годах были впервые проведены алгоритмиады – олимпиады по кооперативному программированию среди дошкольников подготовительной группы детского сада, в которой дети составляли программы по управлению из материальных предметов,

пиктокубиков, а компьютер-планшет используется только для распознавания составленной программы и проверки решения (рис. 2). Фактически это олимпиада по бескомпьютерному программированию, при проведении которой строго исполняются требования санитарных правил использования электронных средств обучения в дошкольных образовательных организациях [18].



**Рис. 2.** Дети решают задачи на алгоритмиаде. Пример задания для кооперативного программирования в ЦОС ПиктоМир.

Результаты внедрения технологии обучения на площадках России позволили сделать два безусловных вывода:

1. Более половины учеников решают задания самостоятельно и остальным лишь периодически требуется небольшая подсказка при решении отдельных задач.
2. Группа обучаемых, в комплексе, показывает высокий уровень результатов последовательного программирования.

В результате дети овладевают простейшими алгоритмическими и логическими навыками, учатся не только решать задания, но и обсуждают их между собой и с воспитателем. Создавая алгоритм, ребенок осознает необходимость выполнения определенной последовательности действий для эффективного разрешения поставленной задачи, что способствует формированию умения планировать свою будущую деятельность [19].

Интересно, что использование цифровых образовательных сред позволяет интенсифицировать образовательный процесс и успешно формирует алгоритмическое мышление и у студентов вузов, и у школьников в рамках курсов по основам программирования.

## **Обсуждение**

Выпускник 9 класса России должен владеть понятиями и навыками практического программирования в объеме, предписываемом действующей федеральной программой по информатике базового уровня ФООП ООО. Однако, выпускник основной школы в своей массе понятиями и навыками программирования в указанном объеме не владеет. В федеральной образовательной программе по информатике указаны 6 алгоритмических конструкций, которые семантически инварианты в различных императивных языках программирования, представленных в той же программе. Для успешного усвоения этого материала и приобретения необходимых практических навыков ученик должен поупражняться в решении задач, с использованием комбинации указанных алгоритмических конструкций. Если рассматривать только парные комбинации 6-ти алгоритмических конструкций, то обучаемый должен составить не менее двух сотен простейших программ, если каждая комбинация будет представлена как минимум 5-6 простейшими программами. В рамках темы программирование, на которую, согласно ФООП ООО, выделяется 30 часов, при использовании для составления программ полнотекстовых сред программирования типа ПаскальABC, КуМир, Visual Studio, Eclipse или PyCharm выполнение нескольких сотен заданий в отведенное время совершенно невозможно.

Разумным выходом является использования цифровых образовательных сред ПиктоМир и ПиктоМир К с набором задач, покрывающим всевозможные комбинации 6-ти алгоритмических конструкций в начале курса по программированию. Простой, естественный интерфейс

позволяет новичкам избежать сложностей, связанных с изучением синтаксиса языка программирования и самих систем программирования, в которых ученик составляет программу, и сосредоточиться только на решении алгоритмической проблемы. Блочная система ПиктоМир-К позволяет студенту собирать уже известный алгоритм из пиктограмм, в привычной среде, при этом программа «раскрывается» в текстовом языке программирования, например, школьном алгоритмическом языке, Python, C++ и т.п., что позволяет сгладить переход от пиктограммного языка к текстовому. Фактически, на этапе пиктограммного программирования закладываются основы алгоритмического мышления, когда ученики заняты алгоритмизацией «в чистом виде».

Для педуниверситетов, используя подход, описанный выше, были разработаны интенсивные вводные курсы программирования, призванные научить будущих учителей информатики бегло решать простейшие задачи по программированию как в учебных графических средах, так и в средах программирования на языках высокого уровня. Существенное сходство в управляющих конструкциях различных процедурных языках программирования, общие принципы структурирования и выполнения программного кода, позволили резко увеличить объем практики курсов. Курс был разбит на 4 темы, где за первые две студенты осваивают основные алгоритмические конструкции, а на двух последних занимаются непосредственной практикой программирования на текстовых языках (табл. 1).

Таблица 1

**Распределение заданий по цифровым образовательным средам и платформам в курсах программирования для студентов педуниверситетов со специальностью Информатика\***

№ темы	ЦОС или ЦОП	Язык программирования	Примерное число задач
1	ПиктоМир	Пиктографический язык Пикто	150
2	ПиктоМир К	Язык Пикто, Школьный алгоритмический язык, Python	200
3	КуМир	Школьный алгоритмический язык	100
4	Мирера	Пиктографический язык Python	100

\*Примечание: по итогам учебного года 2023/24 студентов МПГУ

Для возможности получения адекватной оценки достижения учащихся, ЦОС объединены в единую авторскую цифровую образовательную платформу (ЦОП) Мирера, курсы в которой могут быть построены практически для любых предметов и также любых языков программирования [20].

Цифровая образовательная платформа Мирера это интегрированная программная система, в которой полноценный образовательный процесс осуществляется с использованием цифровых технологий и включает в себя различные образовательные среды, приложения, интерактивные учебные материалы, возможность проведения занятий в режиме видеоконференций, электронные учебники, электронные средства коммуникации между студентами и преподавателями, позволяет создать гибкую, доступную и инновационную образовательную среду, которая поддерживает разнообразные методы обучения и помогает стимулировать интерес к учебе [21]. В ЦОП Мирера поддержан принцип BYOD-Learning: «Learning at Any Time, at Any Place via any Device», с любого устройства студент может получить доступ к платформе, получать уведомления в VK и Telegram, а также общаться с преподавателем online, иметь доступ ко всем материалам курса, календарь с напоминаниями, участвовать в видеоконференциях, сдавать разнообразные тесты и т.д. [22].

## Заключение

Создавая в образовательном процессе комфортные условия для студентов и преподавателей, внедряя гибкие и новые удобные формы обучения, использующие цифровые образова-

тельные платформы и среды, происходит общая цифровизация образования, повышение его качества, интенсивности и разнообразия форм обучения.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН по теме № FNEF-2024-0001 (1023032100070-3-1.2.1) и фундаментального исследования по теме № ЦИТИС:121060200160-3 «Разработка теории и программного обеспечения для задач вычислительной математики и ее приложений».

## Литература

1. *Конаев А.В.* О практическом значении алгоритмического стиля мышления. // Информационные технологии в общеобразовательной школе. 2003. № 6. С. 6–11.
2. *Воронина Л. В., Утюмова Е. А.* Развитие универсальных предпосылок учебной деятельности дошкольников посредством формирования алгоритмических умений // Образование и наука. 2013. № 1. С. 74–84.
3. *Richtel, M.* Reading, writing, arithmetic, and lately, coding // New York Times. May 10, 2014. URL: <https://www.nytimes.com/2014/05/11/us/reading-writing-arithmetic-and-lately-coding.html> [Дата обращения 12.06.2024]
4. A is for algorithm. The economist. International. April 26th 2014. [Электронный ресурс] URL: <https://www.economist.com/international/2014/04/26/a-is-for-algorithm> [Дата обращения 12.06.2024]
5. Глава профильного комитета Думы считает нужным ввести информатику в дошкольную программу/ 8 декабря 2018, 13:13 XVIII съезд "Единой России" [Электронный ресурс] URL: <https://tass.ru/obschestvo/5888487> [Дата обращения 01.08.2023]
6. *Кушниренко А. Г., Леонов А. Г., Ройтберг М. А.* Знакомим дошкольников младших школьников азами алгоритмики помощью систем ПиктоМир и Кумир // Труды НИИСИ РАН. — 2015. — Т. 5, № 1. — С. 134–137.
7. *А. Г. Кушниренко, А. Г. Леонов, М. В. Райко и др.* Развитие психологических новообразований старших дошкольников в процессе обучения программированию на базе цифровой образовательной среды ПиктоМир // Труды НИИСИ РАН. — 2019. — Т. 9, № 6. — С. 21–24.
8. Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 18.05.2023 № 370 "Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования". [Электронный ресурс] URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202307140040?ysclid=lx7ie51oz40598804> [Дата обращения 12.06.2024]
9. Послание Президента Федеральному Собранию. Владимир Путин обратился с Посланием к Федеральному Собранию. [Электронный ресурс] URL: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/73585> [Дата обращения 12.06.2024]
10. *Кушниренко А. Г., Лебедев Г. В.* Программирование для математиков: Учебное пособие для вузов по специальностям «Математика» и «Прикладная математика». – М.: Наука, 1988. 384 с.
11. *А. Г. Леонов, Н. О. Бесшапошников, Д. Б. Еремин, А. Н. Дедков* Пиктомир для планшетных компьютеров как инструмент пропедевтического курса информатики // Труды Большого московского семинара по методике раннего обучения информатике : В 10 томах / Составление и научное редактирование И.В. Соколовой и Ю.А. Первина. Том 4. Часть I. – Москва : Российский государственный социальный университет, 2015. – С. 169-180.
12. *Brendan O'Malley* MOOCs fail in their mission to disrupt higher education // University World News. 23 January 2019. URL: <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20190123080937857> [Дата обращения 12.06.2024]

13. *Борисова О.В., Кузьмина О.В.* Применение игровых технологий в обучении программированию в начальной школе // Информационные технологии в образовании. - 2019. - № 1 (33). - С. 74-78.
14. *Герасимова, И. Н.* Развитие логического мышления у детей дошкольного и младшего школьного возраста на основе программирования / И. Н. Герасимова, О. Г. Плотникова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Педагогика и психология образования. – 2019. – Т. 21, № 4. – С. 501-512.
15. Стартовая страница отечественной цифровой образовательной среды «ПиктоМир» [Электронный ресурс] URL: <https://piktomir.ru> [Дата обращения 12.06.2024]
16. Страница запуска online-версии отечественной цифровой образовательной среды «ПиктоМир-К» [Электронный ресурс] URL: <https://online.piktomir.ru/k> [Дата обращения 12.06.2024]
17. *А. Г. Леонов, М. В. Райко, И. Г. Райко и др.* Алгоритмиады как элементы ускорения обучения информатике // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Материалы VI Международной научной конференции. — Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева Красноярск: 2022. — С. 179–186.
18. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 "Об утверждении санитарных правил СП 2.4. 3648-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи" [Электронный ресурс] URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012210122> [Дата обращения 12.06.2024]
19. *Леонов А. Г., Тимофеева Т. В.* ЦИФРОВОЙ МИР ДОШКОЛЬНИКА // The world of academia: Culture, Education. — 2024. — № 1. — С. 31–39.
20. Стартовая страница отечественной цифровой образовательной платформы «Мирера» [Электронный ресурс] URL: <https://mirera.ru> [Дата обращения 12.06.2024]
21. *Леонов А. Г., Орловский А. Е.* Методы интеграции цифровых образовательных сред в цифровую образовательную платформу Мирера // Труды НИИСИ РАН. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: теоретические и прикладные аспекты. — 2021. — Т. 11, № 3. — С. 59–65.
22. *Siani, Alessandro.* BYOD strategies in higher education: current knowledge, students' perspectives, and challenges. New Directions in the Teaching of Physical Sciences, 2017.